

B. Flugtechnik.

I. Allgemeines.

1. Grundbegriffe der Flugtechnik.

Auftrieb, Vortrieb, Luftwiderstand. Bei den Flugzeugen schafft man die zum Schweben nötige Auftriebskraft auf dynamischem Wege, d. h. durch Bewegungen geeigneter Trag- oder Hubflächen gegen die Luft. Die Art der Bewegung, die Größe und Anordnung der Flächen bilden den kennzeichnenden Unterschied für die Gruppen der Flugzeuge: *Drachenflugzeuge*, *Schraubenflugzeuge* und *Schwingenflugzeuge*. Zu den Drachenflugzeugen gehören auch die *Gleitflugzeuge*, die nichts anderes sind als Drachenflugzeuge ohne Motor. Bei den eigentlichen *Drachenflugzeugen* wird der zum Schweben nötige Auftrieb dadurch geschaffen, daß eine gegen die Horizontalebene um einen kleinen Winkel mit der Vorderkante aufwärts geneigte, ebene oder schwachgewölbte Tragfläche durch einen motorisch angetriebenen Propeller, in der Regel einen Schraubenpropeller, mit großer Geschwindigkeit annähernd horizontal vorwärts bewegt wird. Die Tragfläche erleidet hierbei einen Luftwiderstand, dessen Normaldruck sich nach dem Parallelogramm der Kräfte zerlegen läßt in eine horizontale und eine vertikale Komponente, von denen die letztere, größere den nützlichen Auftrieb, die erstere, kleinere einen schädlichen Rücktrieb erzeugt. Hieraus erhellt, daß das Drachenflugzeug, wenn es auch nach dem heutigen Stande der Technik das einzige praktisch brauchbare Flugzeug darstellt, dennoch unwirtschaftlich ist, da ein Teil der vom Motor geleisteten Arbeit zur Vernichtung einer neben der nützlichen Auftriebskraft erzeugten schädlichen Rücktriebskraft aufgewendet wird. Ein Drachenflugzeug muß also, um schwebefähig zu bleiben, stets eine solche mittlere Eigengeschwindigkeit haben, daß die aufwärts gerichtete Komponente des Luftwiderstandes der abwärts gerichteten Schwerkraft gleich ist. Ist die Geschwindigkeit größer, so steigt das Flugzeug; ist sie geringer, so sinkt es. - Da hierfür nur die Relativgeschwindigkeit des Flugzeuges zur umgebenden Luft in Frage kommt, so ergibt sich, daß auch ein Flugzeug ohne Eigenantrieb, also ein Gleitflugzeug, zeitweilig schwebefähig sein kann, sofern der Abflug gegen den Wind erfolgt und dieser die nötige Stärke besitzt. Ist die Relativgeschwindigkeit jedoch nach erfolgtem Abschweben unter das zur Erzeugung einer der Schwerkraft gleichgroßen Auftriebskraft erforderliche Maß gesunken, so tritt ein allmähliches Fallen ein. Stellt der Fliegende während dieses Fallens die Vorderkante der Gleitfläche tiefer als die Hinterkante, so kann gleichzeitig eine Vorwärtsbewegung eintreten, sofern die nach vorn gerichtete Horizontal Komponente des durch die Fallbewegung auf der Unterseite der Tragfläche auftretenden Luftwiderstandes größer ist als die horizontale Kraftkomponente des rücktreibenden Windes. Durch Ausnutzung aufsteigender Luftströmungen, die z. B. fast immer vorhanden sein werden, wenn der Abflug von einem allmählich ansteigenden erhöhten Punkte erfolgt, kann die Vortriebswirkung noch erhöht werden. Das Flugzeug gleitet dann gleichsam auf einer schiefen Ebene abwärts. Auf diese Weise sind z. B. Lilienthal Flügel von 300 m Länge gegen den Wind gelungen.

Außer der rückwärts gerichteten horizontalen Kraftkomponente, die aus dem Luftwiderstand gegen die geneigte Tragfläche entsteht, ist bei der Vorwärtsbewegung des Drachenflugzeuges noch eine zweite rückwärts gerichtete Kraft zu überwinden, der sogenannte *Stirnwiderstand*, der von der Größe der quer zur Flugrichtung liegenden Teile abhängt und durch den Widerstand des Körpers des Fliegenden, des Motors, der Vorderkanten der Tragflächen, der Gestänge usw. hervorgerufen wird. Dieser schädliche Widerstand kann durch geeignete Zuschärfung der Querschnitte zwar verringert, doch nie völlig beseitigt werden. Zu diesen beiden Widerständen kommt als dritter der von der Größe der luftbestrichenen Oberflächen abhängige Reibungswiderstand hinzu, der jedoch bei Flugzeugen infolge der sehr viel geringeren Größe der Oberflächen lange nicht die Rolle spielt wie bei Luftschiffen. Die Summe dieser drei Widerstände muß durch den motorisch erzeugten Vortrieb, den *Schraubenzug*, überwunden werden. — Wie bereits erwähnt, erhalten die Tragflächen der Drachenfahrzeuge in der Regel eine schwache

Wölbung in der Flugrichtung. Lilienthal hat durch eingehende Versuche die erheblich günstigere Wirkung der gewölbten Fläche gegenüber der ebenen festgestellt. Sie hat ihren Grund darin, daß die Richtungsänderung des Luftstromes bei der gewölbten Fläche allmählich, bei der ebenen dagegen plötzlich erfolgt, und daß daher in letzterem Falle schädliche Wirbelungen erzeugt werden.

Während bei den Drachenflugzeugen der zum Schweben erforderliche Auftrieb durch Vorwärtsbewegung größerer geneigter Tragflächen erzielt wird, und die den Vortrieb bewirkenden Schraubenpropeller nur indirekt zur Erzeugung von Auftrieb dienen, sollen bei dem zweiten Flugzeugtyp, den *Schraubenflugzeugen*, die Propeller diesen Auftrieb direkt erzeugen, indem sie die Luftmassen nicht nach hinten, sondern nach unten beschleunigen und daher statt um horizontale Achsen um vertikale rotieren. In gewisser Hinsicht ist das Prinzip der Auftriebserzeugung dasselbe wie beim Drachenflugzeug. In beiden Fällen werden geneigte Flächen in der Horizontalebene gegen die Luft mit großer Geschwindigkeit bewegt, und die aus dem Luftwiderstand dieser Flächen sich ergebenden Auftriebskomponenten sollen der Schwerkraft entgegenwirken. Beim Schraubenflugzeug bilden die einzelnen Flügel der Hubschrauben diese Tragflächen, die, anstatt in einer Richtung wie beim Drachenflugzeug, im Kreise bewegt werden. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, daß die entstehenden Horizontalkomponenten nicht, wie beim Drachenflugzeug, einen Rücktrieb erzeugen, sondern lediglich ein Drehmoment hervorrufen, das durch Anordnung zweier gegenläufiger Hubschrauben unschädlich gemacht werden kann, so daß ein Schraubenflugzeug ohne Vorwärtsbewegung schwebefähig ist. Daß es praktisch noch nicht gelungen ist, ein Schraubenflugzeug dauernd zum Schweben zu bringen, liegt an dem außerordentlich schlechten Wirkungsgrade kleinerer, und an der technischen Schwierigkeit der Herstellung größerer Hubschrauben.

Das theoretisch wirtschaftlichste Flugzeug ist entschieden das *Schwingenflugzeug*. Es erscheint hier durchaus möglich, die ganze aufgewendete Energie während des Arbeitsganges, d. h. während des Niederschlagens der Flügel, zur Erzeugung nutzbringenden Auftriebs oder Vortriebs auszunutzen. Die Schwierigkeit liegt dabei in der Bewegungsumkehr und der Rückführung der Schwingen in die Anfangsstellung des Arbeitsganges ohne Erzeugung schädlicher Nebenwirkungen. Die Bestrebungen der auf diesem Gebiete sich versuchenden Erfinder laufen darauf hinaus, die bei der Aufwärtsbewegung der Schwingen entstehenden abwärts gerichteten Kräfte durch Anordnung von selbsttätig sich öffnenden Jalousieklappen oder durch Zusammenfalten der Flügelfläche oder endlich durch Einstellung der Flügelfläche in die Richtung der Bewegungresultante möglichst unschädlich zu machen. Theoretisch ist die Schaffung eines wirtschaftlich arbeitenden Schwingenflugzeuges sicher möglich, sofern motorischer Antrieb vorgesehen ist. Dagegen dürften die Bestrebungen vieler Laienerfinder, die danach trachten, ein Flugzeug zu schaffen, mittels dessen der Mensch durch eigene Muskelkraft bei ruhender Luft sich zu erheben vermag, kaum jemals Erfolg haben. Nach Lilienthals Versuchen würde hierzu eine Arbeitsleistung von mindestens 1,5 PS erforderlich sein, während der Mensch höchstens 0,25 bis 0,3 PS zu leisten vermag, und auch das nur auf ganz kurze Zeit. Praktische Erfolge haben aber auch die motorisch angetriebenen Schwingenflugzeuge infolge der großen konstruktiven Schwierigkeiten bisher nicht gehabt, ebenso auch nicht die Bestrebungen, durch umlaufende Schaufelräder oder durch Rückstoßwirkung verdichteter Luftmassen oder Gase den erforderlichen Auftrieb zu schaffen. Daher sind hier lediglich die Drachenflugzeuge zu berücksichtigen.

Stabilität. Außer einer genügenden Eigengeschwindigkeit und der hiervon in erster Linie abhängigen Tragfähigkeit ist das Haupterfordernis eines brauchbaren Drachenflugzeuges eine genügende Stabilität, d. h. die Fähigkeit, bei Lagenveränderung durch äußere Einflüsse (z. B. Windstöße) die Normallage schnell und sicher wiederzuerlangen bzw. dieser Lagenveränderung einen genügenden Widerstand entgegenzusetzen. Die Änderungen der Gleichgewichtslage können erfolgen durch Drehungen um eine vertikale Mittelachse, um eine horizontale Querachse und um eine horizontale Längsachse. Den ersten beiden Bewegungen wirkt die Längsstabilität, der letzten die Querstabilität entgegen. Zur annähernden Erhaltung der Normallage dienen feste

Dämpfungs- und *Kielflächen*, zur Zurückführung in dieselbe bewegliche Stabilisierungsorgane. Während eine genügende *Längsstabilität* durch Dämpfungs- und Kielflächen möglichst nach den Enden zu sich ziemlich sicher erreichen läßt, bildet die Sicherung einer genügenden *Querstabilität* eine der Hauptschwierigkeiten der Flugtechnik. Ist ein Flugzeug durch einen seitlichen Windstoß um seine horizontale Längsachse geneigt, so muß zur Wiedererlangung der Normallage ein entgegengesetztes Drehmoment künstlich geschaffen werden. Dies geschieht dadurch, daß an der tiefer liegenden Seite der Auftrieb verstärkt, an der höher liegenden dagegen verringert wird, und zwar entweder durch kleine, um horizontale Querachsen drehbare Hilfsflächen, die derart geneigt eingestellt werden, daß an der tieferen Seite die Vorderkante, an der höheren Seite die Hinterkante höher liegt, oder durch schraubenförmige *Verwindung* der Tragflächen selbst. Da hiermit in der Regel einseitige Veränderungen des Stirnwiderstandes verbunden sind, wird eine gleichzeitige Einstellung des Seitensteuers erforderlich. Das Verdienst der Gebrüder Wright ist es, diesen Zusammenhang als erste erkannt und eine diesen Forderungen Rechnung tragende Stabilisierungseinrichtung geschaffen zu haben. Die nähere Erläuterung folgt bei Besprechung des Wrightschen Flugzeuges. Die von Hand zu bewegenden Stabilisierungsvorrichtungen leiden jedoch alle an dem Mangel, daß sie bei sehr plötzlich eintretenden starken Neigungen nicht schnell genug wirken und ständige Aufmerksamkeit erfordern. Man strebt daher danach, automatische, von den Maßnahmen des Flugzeugführers unabhängige Stabilisierungsvorrichtungen zu schaffen. Vielfach vorgeschlagen ist z. B. der Einbau schnell rotierender Kreisel, deren stabilisierende Wirkung sich auf anderen Gebieten, z. B. zur Vermeidung von Schlingerbewegungen von Schiffen usw., bewährt hat. Andere Erfinder wollen durch Pendel, die bei Neigungen des Flugzeuges ihre Lage im Raume beibehalten, automatisch ausgleichende Flächen einstellen. Alle diese Bestrebungen haben bisher keine praktisch brauchbaren Ergebnisse gehabt.

Steuerung. Die Steuerungsorgane der Flugzeuge entsprechen im wesentlichen den bei Luftschiffen gebräuchlichen. Hier wie dort dienen zur Seitensteuerung vertikale, zur Höhensteuerung horizontale drehbare oder biegsame Flächen. Die Höhensteuerflächen wirken wie die horizontalen Dämpfungsflächen auch als zusätzliche Tragflächen.

2. Einteilung der Drachenflugzeuge.

Die gebräuchlichste Einteilung der Drachenflugzeuge ist die nach der Anzahl der übereinander angeordneten Tragflächen. Man unterscheidet danach *Eindecker*, *Zweidecker*, *Dreidecker* usw. Die Ein- und Zweidecker, zu denen die bei weitem größte Zahl der modernen Flugzeuge gehört, müssen nach dem heutigen Stande der Flugtechnik wohl als gleichwertig betrachtet werden. Dagegen konnten Flugzeuge mit drei und mehr Tragflächen übereinander bisher besondere Erfolge nicht aufweisen. Der Eindecker hat gegenüber dem Zweidecker den Vorteil, daß sein Stirn- und Reibungswiderstand erheblich geringer ist, und daß er infolgedessen bei gegebener Motorleistung eine höhere Geschwindigkeit erreicht. Dagegen hat er den Nachteil, daß die *spezifische Flächenbelastung*, d. h. die Belastung pro Flächeneinheit, in der Regel größer sein muß als beim Zweidecker. Während beim Zweidecker die spezifische Flächenbelastung gewöhnlich zwischen 10 und 15 kg pro Quadratmeter beträgt, steigt sie beim Eindecker bis über 40 kg pro Quadratmeter. Dies hat darin seinen Grund, daß es natürlich konstruktiv sehr viel leichter ist, ein bestimmtes Flächenmaß in zwei kleineren Tragflächen unterzubringen, die gegeneinander abgestützt und verspannt werden können, als in einer großen, welche die erforderliche Festigkeit in sich besitzen muß und höchstens mit dem Rumpf des Flugzeuges verspannt werden kann. Infolge der geringeren Tragflächengröße wird daher für den Eindecker die größere Geschwindigkeit, die wegen des kleineren Stirnwiderstandes erreichbar ist, auch durchaus erforderlich, um die zum Schweben nötige Auftriebskraft zu gewinnen. Der Zweidecker besitzt also die größere Tragfähigkeit, der Eindecker die größere Geschwindigkeit.

Die Stabilitätseigenschaften hängen weniger von der Anzahl der Tragdecke als von der besonderen Ausführung des Flugzeuges ab.

3. Allgemeine Konstruktionsprinzipien der Drachenflugzeuge.

Die Hauptteile eines Drachenflugzeuges sind: Rumpf, Tragflächen, Steuerungsorgane, Stabilisierungsorgane, Motor, Propeller, Fahrgestell.

Der **Rumpf** dient dazu, die Anbringung der Dämpfungs- und Steuerungsorgane in einer zur Sicherung der Längsstabilität nötigen größeren Entfernung vom Druckmittelpunkt (Luftwiderstandsmittelpunkt) zu ermöglichen. Er ist in der Regel als Fachwerkträger von rechteckigem oder dreieckigem, nach hinten zu sich verjüngendem Querschnitt aus Holz oder Stahlrohren hergestellt.

Die **Tragflächen** werden in ihrer Größe durch den Typ des Fahrzeuges, ob Eindecker oder Zweidecker, und durch die hiervon abhängige spezifische Flächenbelastung beeinflusst. Sie besitzen gewöhnlich in der Flugrichtung eine parabolische Wölbung, deren Pfeilhöhe $\frac{1}{12}$ — $\frac{1}{20}$ der Flächenbreite beträgt. Das Verhältnis der Spannweite zur Tiefe liegt meist zwischen 5:1 bis 8:1, die Winkelstellung der Tragflächen zur Propellerachse zwischen 3° und 9° . Das Gerippe besteht gewöhnlich aus einer Anzahl längslaufender, nebeneinander liegender gewölbter Rippen, die durch mehrere querliegende, über die ganze Breite der Tragflächen durchlaufende Stangen oder Träger miteinander verbunden sind. Bei Doppeldeckern sind die übereinander liegenden Flächen durch senkrechte Stangen gegeneinander abgestützt. Zur Verspannung der einzelnen Teile gegeneinander dient Klaviersaitendraht; zur Bespannung der Tragflächen, die zur Vermeidung von schädlichen Luftwirbeln meist unten und oben geschieht, nimmt man fast stets gummierten Ballonstoff.

Die **Steuerungsorgane** sind Seitensteuer, Höhensteuer und bewegliche Stabilisierungsflächen. In ihrer Anordnung weichen die einzelnen Flugzeugtypen außerordentlich voneinander ab. Die Seiten- und Höhensteuer liegen, um ein wirksames Drehmoment zu schaffen, tunlichst weit von der Drehachse entfernt. Bei Zweideckern ist die gebräuchlichste Anordnung wohl die, daß das Seitensteuer hinten, das Höhensteuer vorn liegt. Bei Eindeckern liegt auch das Höhensteuer meist hinten. Bei Flugzeugen, die besondere bewegliche Stabilisierungssteuer besitzen, sind diese gewöhnlich an den Hinterkanten der Tragflächen angelenkt, bei manchen Doppeldeckern auch zwischen den Flächen angeordnet.

Die festen **Dämpfungsf lächen** liegen meist am Hinterende des Rumpfes. Auf feste horizontale Dämpfungsf lächen hat man bei vielen Flugzeugtypen ganz verzichtet, da hierfür die Tragflächen und Höhensteuer ausreichen; dagegen sind vertikale Kielflächen bei fast allen Flugzeugen vorhanden. Von dem Einbau senkrechter Längswände zwischen die Tragflächen der Doppeldecker ist man wieder abgekommen, da diese den seitlichen Windstößen zuviel Angriffsfläche bieten und das Flugzeug abtreiben.

Der **Motor** ist ein für die Anforderungen des dynamischen Flugzeuges besonders konstruierter Benzinmotor. Vgl. Abteilung „Verbrennungsmaschinen“. Die an einen brauchbaren Flugmotor zu stellenden Anforderungen sind S. 572 erörtert. Bei Eindeckern ist der Motor im Rumpf eingebaut, bei Doppeldeckern meist auf die untere Tragfläche aufgesetzt.

Als **Propeller** dienen bei den Drachenflugzeugen wohl ausschließlich Luftschrauben, die um horizontale Längsachsen rotieren. Sie sind entweder vor den Tragflächen angeordnet als *Zugschrauben*, oder hinter den Tragflächen als *Druckschrauben*. Der Antrieb erfolgt entweder direkt, d. h. die Schraube sitzt auf der Motorwelle, oder indirekt mittels besonderer Übertragungsorgane (Ketten, Stirnräder, Kegelräder). Letzteres geschieht, unter Übersetzung ins Langsame, um größere, ökonomischer arbeitende Propeller verwenden zu können, doch gleichen die durch das Übersetzungsgetriebe geschaffenen Reibungsverluste diesen Vorteil wieder aus. Die meisten Flugzeugtypen haben nur eine in der mittleren Längsachse angeordnete Schraube; nur wenige benutzen zwei nebeneinander gegenläufig arbeitende Propeller. Auch in letzterem Falle ist in der Regel, um beiderseitig gleichen Schraubenzug zu erzielen, nur ein Motor vorhanden, der durch Übertragungsorgane beide Propeller antreibt. Die große Gefahr des Zweischraubensystems liegt darin, daß, sobald ein Propeller aussetzt, sei es durch Bruch der Übertragungsorgane, Flügelbruch od. dgl., sofort ein einseitiger Schraubenzug entsteht, der die Stabilität des Flugzeuges aufs äußerste gefährdet. Durch automatisch wirkende Vorrichtungen, die bei Aussetzen eines

Propellers den zweiten selbsttätig ausschalten, kann dieser Gefahr vorgebeugt werden. — Jeder Schraubenpropeller erzeugt ein seinem Drehsinn entgegengerichtetes Reaktionsmoment. Bei Anordnung zweier gegenläufiger Schrauben heben sich diese Reaktionsmomente auf; ist jedoch nur eine Schraube vorhanden, so bleibt ein freies Reaktionsmoment bestehen, das bestrebt ist, das Flugzeug dem Schrauben-Drehsinn entgegen um seine horizontale Längsachse zu neigen. Dieses Kippmoment muß durch geeignete Vorkehrungen wieder beseitigt werden. In der Regel geschieht dies dadurch, daß man der einen Tragflächenseite durch stärkere Neigung einen größeren Auftrieb verleiht, oder dadurch, daß man die andere Tragflächenseite durch ein Gewicht beschwert.

Das **Fahrgestell** vereinigt in sich die zum Abfliegen und Landen des Flugzeuges nötigen Organe. Der Abflug erfolgt meist in der Weise, daß das Flugzeug, das bis zur Erreichung der Höchstleistung des Motors festgehalten wird, nach dem Loslassen unter dem Einfluß des Schraubenzuges bei horizontal gestelltem Höhensteuer auf *Laufrädern* auf dem Erdboden anfährt. Ist die zum Schweben nötige Geschwindigkeit erreicht, so wird das Höhensteuer aufgerichtet, und das Flugzeug erhebt sich. Zur Aufnahme der Stöße beim Landen sind die Laufräder federnd gelagert; auch sind bei den modernen Flugzeugen noch *Gleitkufen* vorgesehen, die in Wirksamkeit treten, wenn die Radfedern bis zu einem gewissen Grade zusammengedrückt sind, und die Räder vor zu starken Stößen schützen, auch das Flugzeug infolge der stärkeren Reibung beim Landen schneller zum Stillstand bringen.

II. Drachenflugzeuge.

Die Zahl der praktisch brauchbaren Drachenflugzeugtypen ist bereits so groß, daß eine Besprechung aller hier unmöglich ist. Es sollen daher nur diejenigen Systeme Berücksichtigung finden, die für die Entwicklung der Flugtechnik am bedeutungsvollsten gewesen sind oder infolge ihrer konstruktiven Eigenart besondere Erfolge erwarten lassen.

1. Zweidecker (Doppeldecker).

a) **Amerika.** Wenn auch Amerika hinsichtlich seiner Bedeutung für die Entwicklung der Flugtechnik von Frankreich weitaus übertroffen wird, so betrachten wir doch die amerikanischen Flugzeuge an erster Stelle, da als Schöpfer des modernen Drachenflugzeuges die Brüder Orville und Wilbur Wright, zwei Amerikaner, wohl unumstritten zu gelten haben.

O. und W. Wright. Nicht einem glücklichen Zufall, sondern jahrelangen Versuchen verdanken die Brüder Wright ihren schließlichen großen Erfolg. Sie begannen 1900, angeregt durch die Erfolge Lilienthals, Chanutes und Herrings, mit Gleitflugversuchen, und zwar benutzten sie hierzu einen Doppeldecker, der bereits viele Merkmale des modernen Wright-Flugzeuges, z. B. vorn ein Höhensteuer, hinten ein Seitensteuer und Gleitkufen unter den Tragflächen zum Schutz bei der Landung, aufwies. Der Fliegende lag auf der unteren Tragfläche auf dem Bauch, und das Flugzeug wurde zur Einleitung des Abfluges von zwei Männern gegen den Wind geschleudert. Mit einem solchen Apparat, der in den Einzelheiten ständig verbessert wurde, führten die Gebrüder Wright 1900—1903 viele wohlgelungene Gleitflüge aus. Im Jahre 1903 taten sie dann den entscheidenden Schritt, indem sie durch Einbau von Motor und Propellern das Gleitflugzeug zum Drachenflugzeug umwandelten. Mit diesem gelangen ihnen dann 1904 Flüge bis zu einer Länge von 4,5 km. Es stellte sich jedoch heraus, daß die Querstabilität nicht genügte, und es bedurfte abermals jahrelanger Studien, bevor es gelang, dieses schwierigste Problem der Flugtechnik zu lösen, durch die geniale Erfindung der *Verwindung* der Tragflächen unter gleichzeitiger zwangsläufiger Bewegung des Seitensteuers. Im Jahre 1908 begab sich dann Wilbur Wright mit seinem Flugzeug nach Frankreich und bewies dort durch seine erfolgreichen Flüge, daß das Problem des dynamischen Fluges gelöst sei. Der bei diesen Flügen verwendete Apparat muß noch heute als brauchbares Flugzeug gelten und ist für eine große Zahl späterer Konstruktionen vorbildlich gewesen; eine eingehendere Besprechung erscheint daher am Platze (Fig. 1257—1261).

Die beiden in einem Abstand von 1,80 m übereinander angeordneten Tragflächen haben eine Spannweite von 12,50 m, eine Tiefe von 2 m und einen Gesamtflächeninhalt von ca. 50 qm. Sie sind nur sehr leicht gewölbt, da die Pfeilhöhe nur $\frac{1}{25}$ der Flächentiefe beträgt, und durch 16 vertikale Streben in zwei Reihen zu je acht gegeneinander abgestützt. Die vordere Strebenreihe ist mit der Vorderkante der Tragflächen starr verbunden, während die hintere noch ca. $\frac{1}{3}$ der Tragfläche hinter sich freiläßt, so daß die Hinterkanten eine gewisse Elastizität erhalten. Von der hinteren Strebenreihe sind nur die beiden Mittelstreben starr mit den Tragflächenträgern verbunden, während die anderen gelenkig befestigt sind, um die Verwindung zu ermöglichen.

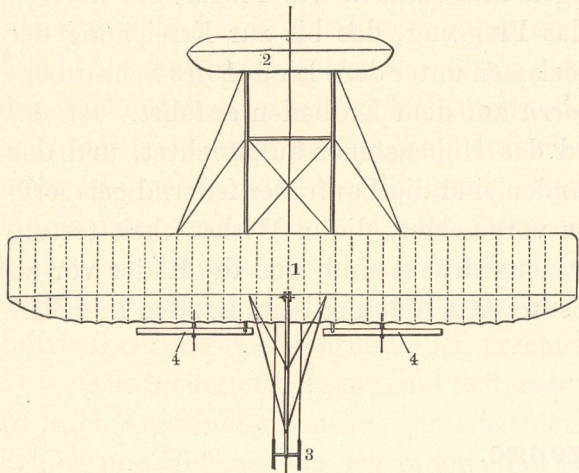


Fig. 1257. Aufsicht.

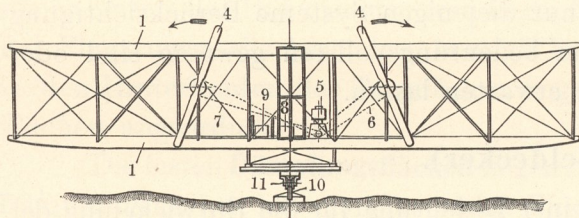


Fig. 1258. Rückansicht.

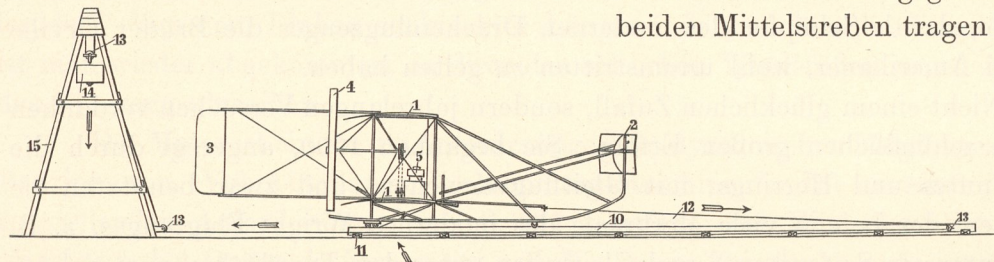


Fig. 1259. Seitenansicht und Startvorrichtung.

Fig. 1257—1259. Wrights Flugzeug (1 Tragflächen, 2 Höhensteuer, 3 Seitensteuer, 4 Schraubenpropeller, 5 Motor, 6 offene Kette, 7 gekreuzte Kette, 8 Führersitz, 9 Passagiersitz, 10 Startschiene, 11 Laufrolle, 12 Seil, 13 Führungsrollen, 14 Fallgewicht, 15 Fallblock).

nach zwischen den beiden Steuerflächen sind dreiarmlige Winkelhebel ebenfalls um horizontale Querachsen drehbar gelagert, deren beide in der Ruhelage annähernd horizontale Hebelenden verschieden lang sind. Das vordere, kürzere Hebelende ist mit der Vorderkante der Höhensteuerflächen, das hintere, längere mit der Hinterkante der Höhensteuerflächen verbunden, und zwar geschieht die Verbindung beider durch angelenkte Zugstangen. Am Vertikalarm der Winkelhebel greifen die vom Führersitz aus durch Vor- und Zurücklegen eines Handhebels zu bewegenden Hauptzugstangen an. Durch diese sinnreiche Einrichtung wird erreicht, daß die Höhensteuerflächen, die in der Normallage eine den Tragflächen gleiche Wölbung und Neigung besitzen und mithin als zusätzliche Tragflächen wirken, beim Zurücklegen des Handhebels infolge des größeren Ausschlages der Hinterkante eine stärkere Wölbung erfahren, mithin die gewollte Auftriebswirkung verstärken, beim Nachvornlegen des Hebels

Auf der unteren Tragfläche ist der Motor angeordnet, der durch einen offenen und einen gekreuzten Kettenantrieb unter Übersetzung ins Langsame zwei gegenläufige, hinter den Tragflächen nebeneinander angeordnete Holzpropeller von 2,80 m Durchmesser antreibt. Der gekreuzte Kettentrieb macht die Anordnung von Kettenführungsrohren erforderlich, die mit dem Traggerüst starr verbunden sind. In einer Entfernung von 2,50 m hinter der Hinterkante der Tragflächen sind an einem rahmenartigen Gestell zwei in einem Abstand von 0,5 m nebeneinander liegende Seitensteuerflächen von 1,80 m Höhe und 0,60 m Länge vorgesehen. Vorn in einer Entfernung von 3,50 m von der Vorderkante der Tragflächen liegt das eigenartig konstruierte Höhensteuer (s. Fig. 1261). Es besteht aus zwei in einem Abstand von 0,80 m übereinander angeordneten Flächen von 4,50 m Breite und 0,75 m Tiefe. Durch vier Vertikalstreben, von denen zwei an den Enden, zwei mehr nach der Mitte zu liegen, sind die beiden Höhensteuerflächen gegeneinander abgestützt. Die beiden Mittelstreben tragen halbmondförmige, in der

Flugrichtung liegende Kielflächen. Beide Höhensteuerflächen sind um ihre Befestigungspunkte an den vertikalen Seitenstreben, die etwas vor der Flächenmitte liegen, drehbar. Der Höhe

dagegen ihre Wölbung verringern, eventuell sogar umkehren und somit ebenfalls die gewünschte Abtriebswirkung vergrößern.

Eigenartig ist auch die (heute wohl kaum noch angewendete) Startmethode der Wrights. Das Original-Wright-Flugzeug besitzt nämlich keine Laufräder, sondern nur Schlittenkufen und wird zur Einleitung des Abfluges durch die Energie eines fallenden Gewichtes gewissermaßen abgeschossen. Hierzu wird eine besondere Vorrichtung benutzt, die in ihren Hauptteilen aus einer ca. 20 m langen Schiene (hochkant gestelltes Brett), einem ca. 8 m hohen Fallgerüst, einem Fallgewicht und einem langen Zugseil besteht. Das Flugzeug steht (Fig. 1259) mit seinen Kufen auf einem kleinen, mit zwei hintereinander angeordneten Laufrollen versehenen Wagen auf dem Hinterende der Schiene. Das Zugseil greift mit einer Öse über einen am Vorderende des Flugzeuges angebrachten Winkelhaken, läuft von dort zum Vorderende der Schiene und über Führungsrollen an der Schiene zurück zur Spitze des hinter dem Flugzeug stehenden Fallblockes, wo sein anderes Ende mit dem Fallgewicht verbunden ist. Bis zum Augenblick des Abfluges wird das Flugzeug mittels eines Halteseils mit ausklinkbarem, vom Führer auszulösendem Haken festgehalten. Ist der Motor angedreht und hat seine erforderliche Tourenzahl erreicht, so wird das Höhensteuer abwärts gerichtet und das Halteseil ausgeklinkt. Unter dem Einfluß der Zugkraft des Fallgewichtes schnellert der Apparat dann vorwärts, wobei er durch das abwärts gerichtete Höhensteuer zunächst auf die Startschiene niedergedrückt wird. Kurz vor Verlassen der Startschienen wird das Höhensteuer dann mit plötzlichem Ruck aufwärts gestellt, und das Flugzeug steigt auf. — Diese Startmethode bietet den Vorteil, daß jedes Gelände zum Aufstieg benutzt werden kann, während auf Rädern anfahrnde Flugzeuge ein ebenes und festes Terrain benötigen, um die zum Schweben erforderliche Geschwindigkeit zu erlangen. Sie hat jedoch den Nachteil, daß das Flugzeug stets nur dort aufsteigen kann, wo sich seine Startvorrichtung befindet.

Das Hauptverdienst der Brüder Wright liegt in der genialen Lösung des Problems der Seitenstabilität. Die ihnen in allen Kulturstaaten patentierte *Verwindung* der Tragflächen unter gleichzeitiger zwangsläufiger Einstellung des Seitensteuers dürfte noch heute die vollkommenste von Hand zu bewegende Stabilisierungsvorrichtung darstellen. Die Wirkung dieser Einrichtung läßt sich an der schematischen Darstellung Fig. 1260 erläutern. Der Deutlichkeit halber ist dort nur jede zweite Vertikalstrebe eingezeichnet; auch ist die Flächenverwindung, die in Wirklichkeit nur sehr gering ist, übertrieben dargestellt. Das in Richtung des Pfeiles 0 vorwärts fliegende Flugzeug möge von einem seitlichen Windstoß aus der Richtung des Pfeiles 00 getroffen werden. Dieser wird den Flugapparat um seine horizontale Längsachse nach rechts überneigen. Um die Normallage wiederzugewinnen, muß also der Auftrieb auf der rechten Tragflächenseite verstärkt, auf der linken verringert werden. Zu diesem Zwecke werden die Tragflächen derart schraubenförmig verwunden, daß die Hinterkanten I_1 und II_1 der rechten Tragflächenseiten nach abwärts, die Hinterkanten I und II der linken Tragflächenseiten nach aufwärts gezogen werden. Die ausgleichende Auftriebsänderung ist

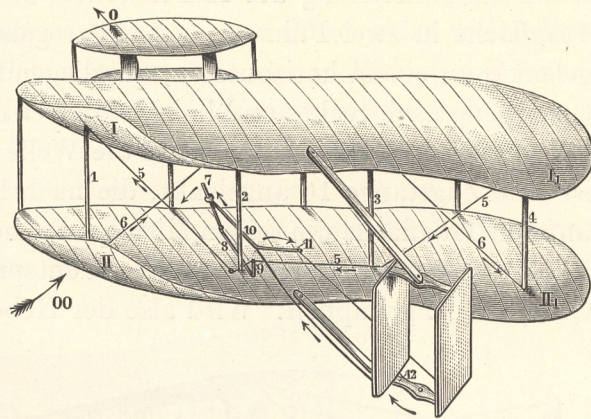


Fig. 1260. Verwindung und Steuerung beim Wrightschen Flugzeug (00 Richtung des Windstoßes, 0 Fahrtrichtung, I/II aufwärtsgebogene linke Tragflächenenden, I_1/II_1 abwärtsgebogene rechte Tragflächenenden, 1, 2, 3, 4 hintere Verbindungsstreben, 5, 6 Drahtzüge zur Verwindung, 7 Handhebel für Seitensteuerung und Verwindung, 8 längslaufende Welle für Verwindung, 9 Hebel für Drahtzüge zur Verwindung, 10 Zugstange zur Seitensteuerung, 11, 12 Steuerjoch zur Seitensteuerung).

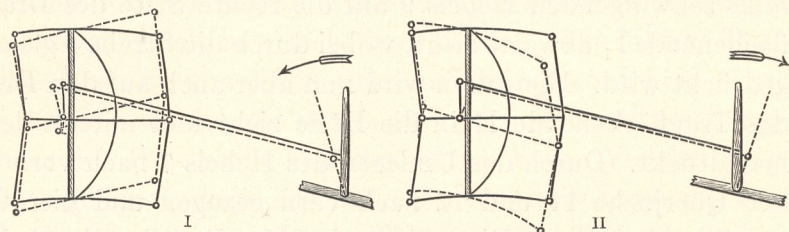


Fig. 1261. Höhensteuerung beim Wrightschen Flugzeug (I ——— Höhensteuer normal, - - - - - Höhensteuer abwärts gerichtet, Wölbung verringert; II ——— Höhensteuer normal, - - - - - Höhensteuer aufwärts gerichtet, Wölbung verstärkt).

Das Hauptverdienst der Brüder Wright liegt in der genialen Lösung des Problems der Seitenstabilität. Die ihnen in allen Kulturstaaten patentierte *Verwindung* der Tragflächen unter gleichzeitiger zwangsläufiger Einstellung des Seitensteuers dürfte noch heute die vollkommenste von Hand zu bewegende Stabilisierungsvorrichtung darstellen. Die Wirkung dieser Einrichtung läßt sich an der schematischen Darstellung Fig. 1260 erläutern. Der Deutlichkeit halber ist dort nur jede zweite Vertikalstrebe eingezeichnet; auch ist die Flächenverwindung, die in Wirklichkeit nur sehr gering ist, übertrieben dargestellt. Das in Richtung des Pfeiles 0 vorwärts fliegende Flugzeug möge von einem seitlichen Windstoß aus der Richtung des Pfeiles 00 getroffen werden. Dieser wird den Flugapparat um seine horizontale Längsachse nach rechts überneigen. Um die Normallage wiederzugewinnen, muß also der Auftrieb auf der rechten Tragflächenseite verstärkt, auf der linken verringert werden. Zu diesem Zwecke werden die Tragflächen derart schraubenförmig verwunden, daß die Hinterkanten I_1 und II_1 der rechten Tragflächenseiten nach abwärts, die Hinterkanten I und II der linken Tragflächenseiten nach aufwärts gezogen werden. Die ausgleichende Auftriebsänderung ist

hiermit geschaffen. Mit dieser Auftriebsänderung wird aber gleichzeitig eine Änderung des Stirnwiderstandes eintreten. Die abwärts gezogenen Enden I_1 und II_1 werden stärkeren, die im Windschatten der vorderen Tragflächenseite liegenden aufwärts gezogenen Enden I und II geringeren Widerstand erfahren. Infolgedessen wird die linke Flugzeughälfte sich beschleunigt, die rechte verzögert vorwärts bewegen, d. h. der Apparat wird bestrebt sein, eine Wendung nach rechts zu machen. Dem muß durch Einstellung des Horizontalsteuers nach links entgegengewirkt werden, was durch eine einzige Hebelbewegung gleichzeitig mit der Verwindung geschieht, nämlich durch Hebel 7, der von der rechten Hand des Flugzeugführers bedient wird, während der linken Hand die Einstellung des Höhensteuers obliegt. Hebel 7 ist am Vorderende der auf der unteren Tragfläche in zwei Führungen drehbar gelagerten Welle 8 befestigt, jedoch nicht starr, sondern gelenkig an einem horizontalen, querliegenden Drehzapfen, so daß er außer einer Drehung in der Querebene nach rechts und links, wobei er die Welle 8 dreht, auch eine Bewegung nach vorn und hinten auszuführen vermag, ohne die Welle 8 zu beeinflussen. Ungefähr in der Mitte des Hebels 7 ist eine Zugstange 10 angelenkt, die nach hinten schräg abwärts zum linken Ende eines auf der unteren Tragfläche um seinen Mittelpunkt horizontal drehbaren Querjoches 11 führt. Dieses Querjoch 11 ist durch Zugorgane mit einem entsprechenden, die beiden Seitensteuerflächen verbindenden Querjoch 12 gekuppelt. Wird also der Hebel 7 ohne Drehung in der Querebene nach vorn gelegt,

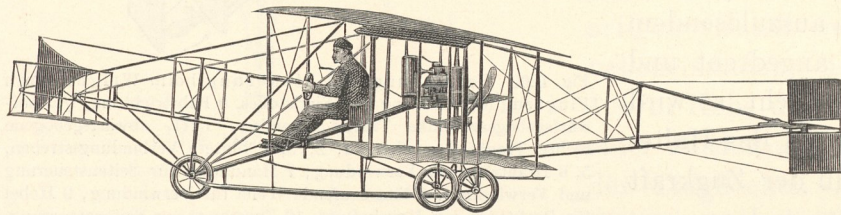


Fig. 1262. Zweidecker Herring-Curtiß (1909).

so wird auf die linken Hebelarme der Querjoch 11 und 12 ein Zug ausgeübt, und die Seitensteuer werden nach links gestellt. Am Hinterende der Welle 8 ist ein dem Hebel 7 paralleler, nach oben gerichteter Hebel 9 starr befestigt. Vom freien Ende dieses Hebels 9 läuft nun ein

Stahldraht nach beiden Seiten zunächst über Rollen am Fuße der Vertikalstreben 2 und 3 und von dort zu den oberen Enden der Vertikalstreben 1 und 4. Vom Fußende der Strebe 1 führt ein zweiter Stahldraht 6 über Rollen an den Kopfenden der Streben 2 und 3 zum Fußende der Strebe 4. Wird nun der Handhebel 7 nach links und gleichzeitig nach vorn gelegt, so wird mittels des gleichfalls nach links schwingenden Hebels 9 auf die rechte Seite des Drahtes 5 ein Zug ausgeübt, der das Tragflächenende I_1 abwärts zieht, wobei durch die Strebe 4 gleichzeitig das Tragflächenende II_1 abwärts gedrückt wird. Hierdurch wird nun aber auch auf den Draht 6 ein Zug nach rechts ausgeübt, der das Tragflächenende II in die Höhe zieht und mittels der Strebe 1 auch das Tragflächenende I hochdrückt. Durch das Umlegen des Hebels 7 nach vorn werden aber auch die linken Hebelarme der Querjoch 11 und 12 nach vorn gezogen und hierdurch die Seitensteuerflächen nach links gestellt. Bei dieser Einstellung des Handhebels, die übrigens durchaus im Sinne der unwillkürlichen Körperbewegung liegt, wird also das nach rechts geneigte Flugzeug unter Beibehaltung seiner Seitenrichtung die Normallage alsbald wieder einnehmen. — Die Längsstabilität des Wright-Flugzeuges wird lediglich durch das vorn liegende Höhensteuer (Fig. 1261) erhalten. Da hierdurch die Aufmerksamkeit des Führers außerordentlich in Anspruch genommen wird, erhalten die in Deutschland erbauten Wright-Flugzeuge neuerdings hinter den Steuerflächen noch horizontale Dämpfungsflächen, wodurch die Längsstabilität wesentlich erhöht wird. Bei den neuesten Ausführungen des Wright-Flugzeuges ist das vordere Höhensteuer gänzlich beseitigt und statt dessen ein hinteres am Ende des Rumpfes angeordnet. Auch werden die deutschen Apparate jetzt mit Laufrädern zwischen den Kufen versehen, da die stärkeren Motoren ein Auffliegen durch Anfahren auf dem Boden mit verhältnismäßig kurzer Anlaufstrecke gestatten. Das Flugzeug ist infolgedessen nicht mehr auf eine besondere Startvorrichtung angewiesen.

Herring-Curtiß. Nächst dem Wrightschen ist wohl das Flugzeug von Herring-Curtiß (Fig. 1262) unter den amerikanischen das bedeutungsvollste. Die beiden Tragflächen sind starr und durch Vertikalstreben gegeneinander abgestützt. Zur Erhaltung der Querstabilität dienen Hilfsflächen,

die, um horizontale Querachsen schwingend, zu beiden Seiten zwischen den Tragflächen angeordnet sind und durch die Oberkörperbewegungen des Führers mittels einer beweglichen Lehne verstellt werden. Ähnlich wie bei Wright ist das weit nach vorn liegende Höhensteuer doppelflächig und trägt zwischen den Horizontalflächen eine kleine vertikale Kielfläche. Die Krümmung der Horizontalflächen ist jedoch nicht veränderlich. In größerem Abstände hinter den Tragflächen sitzt an Auslegerarmen eine horizontale Starrfläche und senkrecht dazu das Seitensteuer. Der Motor ist Curtißscher Konstruktion und treibt direkt eine hinter den Tragflächen arbeitende Holzschraube. Das Flugzeug ruht auf drei federnden Laufrädern, zwischen denen eine Kufe zur Aufnahme stärkerer Landungsstöße vorgesehen ist.

b) Frankreich. Santos Dumont. Der Brasilier Santos Dumont, der durch seine vielen Versuche in der Luftschiffahrt und Flugtechnik bekannt ist, war der erste, der in Europa mit einem Drachenflugzeug einen öffentlichen Flug ausführte. Mit einem Doppeldecker gelang es ihm 1906, eine Strecke von ca. 220 m fliegend zurückzulegen. Für die technische Weiterentwicklung des Flugwesens ist dieser Versuch jedoch bedeutungslos geblieben.

Voisin. Das Drachenflugzeug der Gebr. Voisin, die in Frankreich nächst Santos Dumont als die ersten sich mit der Flugtechnik befaßten, besteht in seiner Urform aus zwei in einem Abstand von 4 m hintereinander angeordneten, durch einen versteiften Träger miteinander verbundenen, kastendrachenartigen Tragzellen (Fig. 1263). Die vordere, größere Tragzelle besitzt zwei in einem Höhenabstand von 1,5 m übereinander angeordnete Tragflächen von 10 m Breite und 2 m Länge und ist in der Urform und auch noch bei einigen späteren Ausführungen durch vier vertikale Längswände, zwei seitliche und zwei mehr nach der Mitte zu liegende, in drei Einzelzellen unterteilt. Bei der Mehrzahl der später, besonders für die berühmten Flugzeugführer Henri Farman und Delagrange, gebauten Apparate wurden die vertikalen Längswände der Vorderzelle wieder fortgelassen, da das Flugzeug bei Seitenwind hierdurch zu sehr abgetrieben wurde. Auch sonst wurden einzelne Abänderungen getroffen, die jedoch den Typ, der 1908 und 1909 bedeutende Erfolge erzielt hat, nicht beeinflussen. Die hintere Tragzelle besteht aus zwei, ebenfalls in einem Abstand von 1,5 m übereinander angeordneten, horizontalen Tragflächen von 2,50 m Breite und 2 m Länge, die durch zwei seitliche vertikale Längswände verbunden sind. In der Mittelebene der Hinterzelle liegt das Seitensteuer. Vor den Tragflächen, an einem obeliskentartigen Träger gelagert, liegt das Höhensteuer, bestehend aus zwei nebeneinanderliegenden, durch die Drehachse starr verbundenen Flächen. Sämtliche Steuervorrichtungen regiert ein einziges Organ, nämlich ein Automobilsteuerrad, das auf einer in einer Seiltrommel verschiebbar gelagerten Vierkantstange sitzt. Durch Vor- und Zurückschieben des Rades wird das Höhensteuer verstellt, durch Drehen des Rades die Seiltrommel gedreht, und mittels dieser durch sich auf- und abwickelnde Seile das Seitensteuer verstellt. Zwischen die Steuerradwelle und die zum Höhensteuer führende Zugstange ist ein Kardangelen geschaltet, um die Drehung zu ermöglichen. Der auf der unteren Tragfläche angeordnete Motor treibt direkt eine Schraube von 2,3 m Durchmesser, die in einem Ausschnitt der unteren Tragfläche arbeitet. Das Fahrgestell besteht aus vier Laufrädern, zwei kleineren unter der Hinterzelle und zwei größeren unter der Vorderzelle, die um senkrechte Achsen drehbar sind, um beim Landen bei Seitenwind sich in die tatsächliche Bewegungsrichtung einstellen zu können. Die vordere Laufradkonstruktion ist höchst elastisch, da durch Anordnung von 1,5 m langen Schraubenfedern ein Durchfedern um 60 cm möglich ist; sie ist jedoch auch sehr schwer. Wenn das Flugzeug auf allen vier Rädern steht, bilden die Tragflächen einen Winkel von 10° gegen die Horizontale. Beim Anlauf hebt sich das leichte Hinterteil zunächst vom Boden ab, worauf das Flugzeug infolge der verringerten

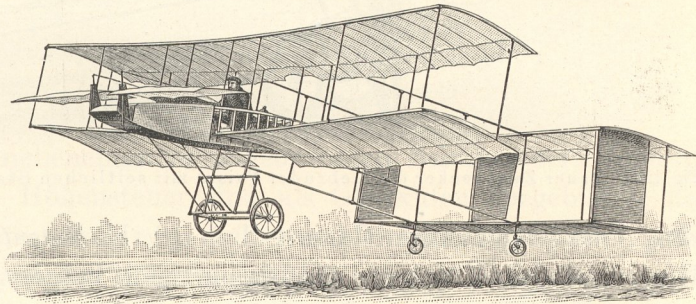


Fig. 1263. Voisin-Zweidecker (älterer Typ, 1908/09).

Tragflächenneigung und des hierdurch geringeren Luftwiderstandes eine größere Geschwindigkeit erlangt und dann durch Aufrichten des Höhensteuers zum Schweben gebracht wird.

Die Gebr. Voisin haben außer diesem älteren Typ jetzt einen neuen, *Renntyp* (Fig. 1264) genannt, auf den Markt gebracht, der in vieler Hinsicht dem Herring-Curtißschen Flugzeug ähnelt. Die vertikalen Längswände sind hier fortgelassen; der Steuerschwanz trägt nur eine Horizontalfläche, darunter ein Seitensteuer. Zur Querstabilisierung dienen bei diesem Voisinschen Renntyp zwei zu beiden Seiten zwischen den Tragflächen angeordnete, um horizontale Querachsen schwingende Hilfsflächen. Auch das Fahrgestell ist gegenüber dem alten Typ erheb-

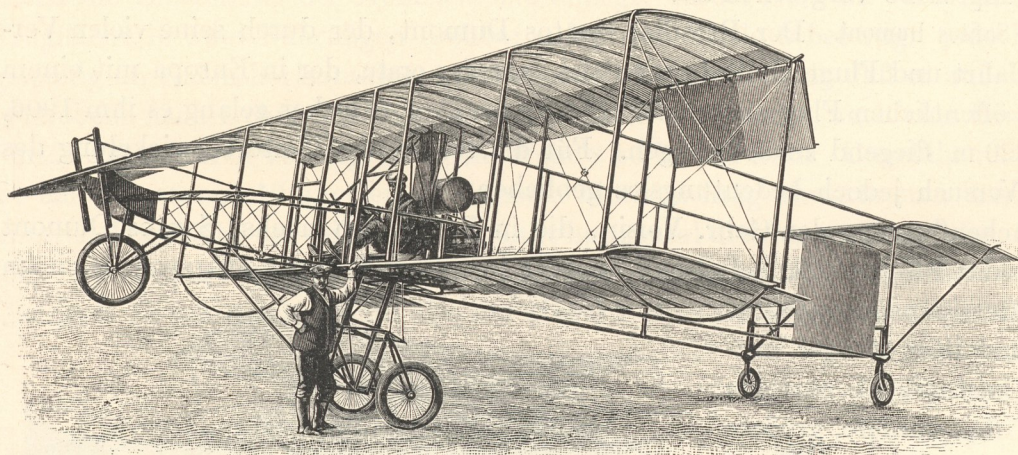


Fig. 1264. Neuer Zweidecker der Gebrüder Voisin mit seitlichen Stabilisierungsflächen (Renntyp).

lich einfacher und leichter geworden. Unter dem Träger für das Höhensteuer ist zur Vermeidung des Vornüberkippens noch ein weiteres Laufrad angeordnet. Völlig abweichend vom Normalen ist jedoch das allerneueste, im Frühjahr 1911 herausgekommene Voisin-Flug-

zeug, der sogenannte *Canard*-Typ (d. h. *Ententyp*). Hier liegen die Haupttragflächen am Hinterende eines langen, obeliskentypigen Trägers, dessen Vorderende Höhen- und Seitensteuer trägt. Die Haupttragzelle, die mit seitlichen Abschlußwänden und an den Tragflächen angelenkten Stabilisierungsklappen versehen ist, bildet also den hinteren Abschluß des Flugzeuges. Infolgedessen erweckt dieses Flugzeug in der Luft den Eindruck, als ob es mit dem Schwanze voran fliegt. Es erscheint zweifelhaft, ob diese eigenartige Anordnung Nachahmung finden wird.

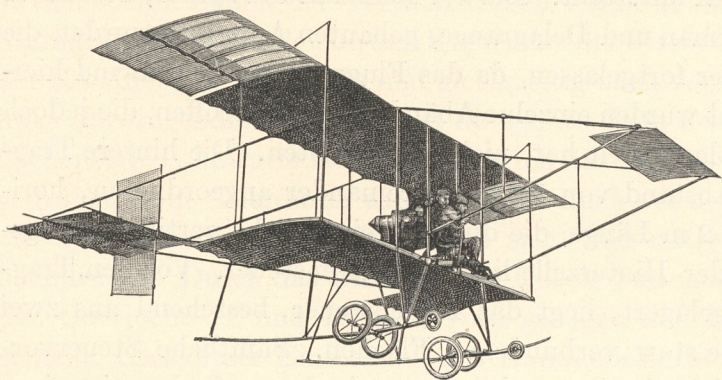


Fig. 1265.

Der neue Zweidecker Henri Farmans im Fluge mit drei Personen.

Stabilität besondere Stabilisierungsvorrichtungen an, bestehend aus zu beiden Seiten an den Hinterkanten der Tragflächen angeordneten, um ihre Vorderkante drehbaren Hilfsflächen (ailerons). Die kastenförmige hintere Steuerzelle wurde längere Zeit beibehalten; dann wurden auch hier die vertikalen Seitenwände entfernt und anstatt eines Seitensteuers zwei nebeneinanderliegende verwendet. Bei der neuesten Ausführungsform des Flugzeuges (Fig. 1265) ist nur noch eine horizontale Schwanzfläche und ein diese Fläche kreuzendes, mit entsprechendem Schlitz versehenes Seitensteuer beibehalten. Die obere Tragfläche besitzt eine erheblich größere Spannweite als die untere und trägt allein noch die Hilfsflächen zur Stabilisierung, während die untere Tragfläche starr ist. Die Hilfsflächen können vom Steuerhebel aus nach oben oder unten verstellt werden. Das Fahrgestell besteht aus zwei längslaufenden Schlittenkufen, deren jede unterhalb der Tragflächen zwei seitliche Laufräder trägt, so daß also vorn vier Laufräder nebeneinander liegen. Die Kufen hängen mittels starker Kautschukbänder an den Radachsen, so daß die Räder bei starkem

Landungsstoß nachgeben und die Kufen zur Wirkung kommen können. Vor den Laufrädern tragen die Schlittenkufen noch kleine Laufrollen. Unter dem Steuerschwanz ist kein Laufrad, sondern nur eine nachgiebige Stütze vorgesehen. Der Farman-Doppeldecker wird in Frankreich in den eigenen Werkstätten des Konstrukteurs, in Deutschland von der „Aviatik“, G. m. b. H. in Mühlhausen, und von den „Albatros-Werken“ in Johannisthal erbaut. Farman verwendet zum Antrieb fast ausschließlich den *Gnôme-Rotationsmotor* (vgl. Abteilung „Verbrennungsmaschinen“, Fig. 264 u. 265, S. 130), die Aviatik G. m. b. H. den deutschen *Argus-Motor*; die Albatros-Werke liefern das Flugzeug sowohl mit Argus- wie mit Gnôme-Motor.

Maurice Farman. Auch der Bruder Henri Farman, Maurice Farman, hat einen Zweidecker konstruiert (Fig. 1266). An Voisin erinnern die zwischen den Haupttragflächen vorgesehenen vertikalen Längswände sowie die Steuereinrichtung mittels Handrad, an Henri Farman die an der unteren Tragfläche angeordneten Hilfsflächen zur Stabilisierung sowie der Steuerschwanz, der aus zwei übereinanderliegenden

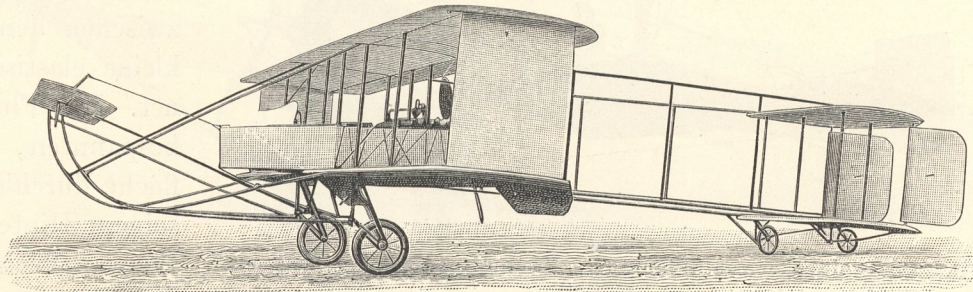


Fig. 1266. Zweidecker von Maurice Farman.

Tragflächen sowie zwei dahinter liegenden, nebeneinander angeordneten Seitenstauern besteht. Die Träger für das vorn liegende einflächige Höhensteuer sind als Gleitkufen ausgebildet; das Fahrgestell besteht aus zwei vorderen größeren und zwei hinteren kleineren Laufrädern. Mit diesem Flugzeug sind bereits eine Reihe erfolgreicher Flüge ausgeführt worden.

Sommer. Ein weiterer erfolgreicher französischer Doppeldecker ist der von Roger-Sommer (Fig. 1267), der auch in Deutschland von den Albatros-Werken gebaut wird. Er ähnelt in vieler Beziehung dem Typ Henri Farman.

Das Flugzeug besteht aus zwei übereinander angeordneten Haupttragflächen, von denen die obere an der Hinterkante beiderseitig mit Hilfsflächen zur Stabilisierung versehen ist, und einer hinteren, mit den Haupttragflächen durch einen obeliskartigen versteiften Träger verbundenen Schwanzfläche. Die Neigung

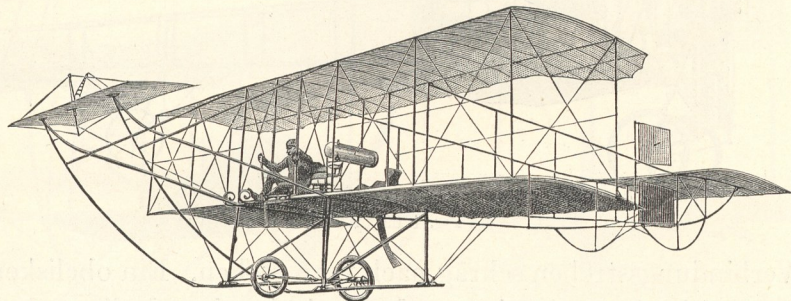


Fig. 1267. Zweidecker von Roger-Sommer.

der Schwanzfläche ist vom Führersitz aus durch ein selbstsperrendes Handrad mittels Kettenübertragung während der Fahrt einstellbar. Das Seitensteuer, das die Schwanzfläche entweder überkreuzt oder vor ihr liegt, wird durch Fußhebel bewegt, das Höhensteuer durch einen Handhebel, der gleichzeitig zur Einstellung der Stabilisierungsflächen dient. Die Träger für das vorn liegende Höhensteuer sind wie bei Maurice Farman als Gleitkufen ausgebildet. Außer diesen Kufen sind unter den Haupttragflächen abgefederte Laufräder und unter der Schwanzfläche kleine Laufräder oder leichte Schlittenkufen vorgesehen.

Bréguet. Ein durch seine Erfolge und seine eigenartige Konstruktion bemerkenswerter neuer französischer Doppeldecker ist der von Bréguet (Fig. 1268). Die beiden übereinander angeordneten Tragflächen, von denen die obere eine größere Spannweite besitzt als die untere, sind in der Mitte unterteilt. Auch sind die Tragflächen nicht, wie sonst üblich, durch zwei vertikale Strebenreihen an der Vorder- und Hinterkante starr verbunden, sondern es ist nur eine, auf etwa ein Viertel der Tragflächentiefe von vorn angeordnete Strebenreihe vorgesehen. Die Tragflächen sind also in der Längsrichtung sehr elastisch und können sich unter dem Einfluß des Luftwiderstandes

durchbiegen. Die Teilung der Tragflächen in zwei Hälften hat der Konstrukteur deswegen vorgenommen, um beim Kurvenfahren, wobei sonst die äußere Tragflächenseite infolge der höheren Geschwindigkeit größeren Luftwiderstand erfährt als die innere, den Widerstand auf beiden Seiten gleichzumachen. Zu diesem Zweck sind beide Tragflächenseiten durch ein Hebelgestänge zwang-

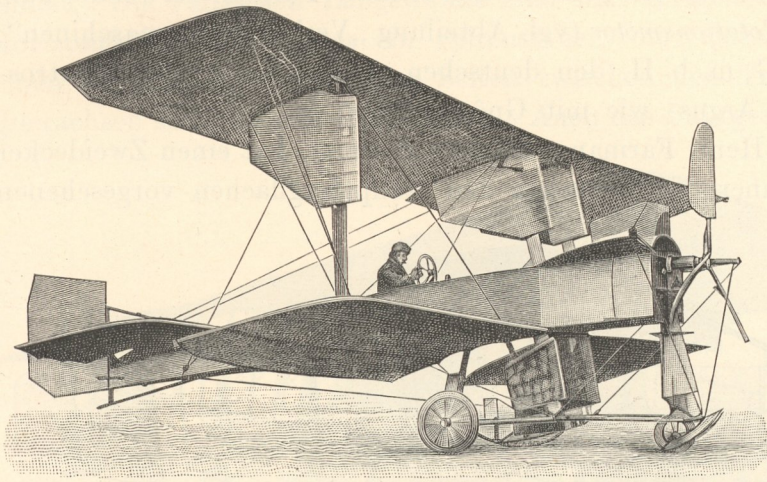


Fig. 1268. Zweidecker von Bréguet (vom Konstrukteur doppelter Eindecker genannt).

läufig verbunden, so daß, wenn unter dem Einfluß größeren Luftwiderstandes die eine Tragflächenseite sich aufwärts biegt, die andere abwärts gebogen wird, wodurch der Widerstand auf beiden Seiten ausgeglichen wird. Am oberen Ende der Verbindungsstreben zwischen den beiden Tragflächen sind kleine elastische Kielflächen angeordnet. Das Flugzeug besitzt einen stoffbespannten, über der unteren Tragfläche durchlaufenden Rumpf; die an seinem Hinterende sitzende elastische Schwanzfläche kann zur Höhensteuerung durch Zugorgane aufgebogen

werden. Hinter dieser Schwanzfläche liegt ein normales Seitensteuer. Sämtliche Steuerbewegungen können durch einen allseitig beweglichen Hebel ausgeführt werden. Die Schraube liegt vor den Tragflächen, wirkt also ziehend.

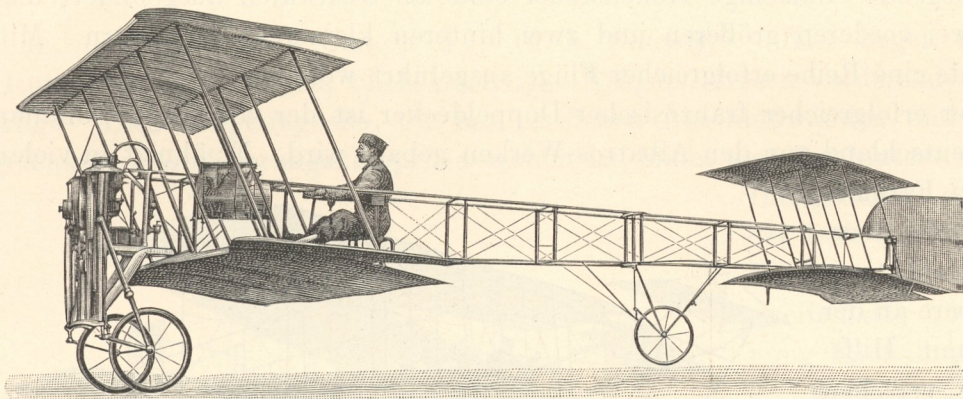


Fig. 1269. Zweidecker Goupy.

Verbindungsstreben schräg nach vorn stehen. Ein obeliskentypiger, nach hinten sich verjüngender Rumpf besitzt am Hinterende zwei übereinanderliegende horizontale Schwanzflächen, von denen die untere zu beiden

Seiten Höhensteuerflächen trägt. Zur Stabilisierung ist von den seitlichen Enden beider Tragflächen gewissermaßen ein Streifen abgeschnitten und um horizontale Querachsen drehbar gemacht. Die

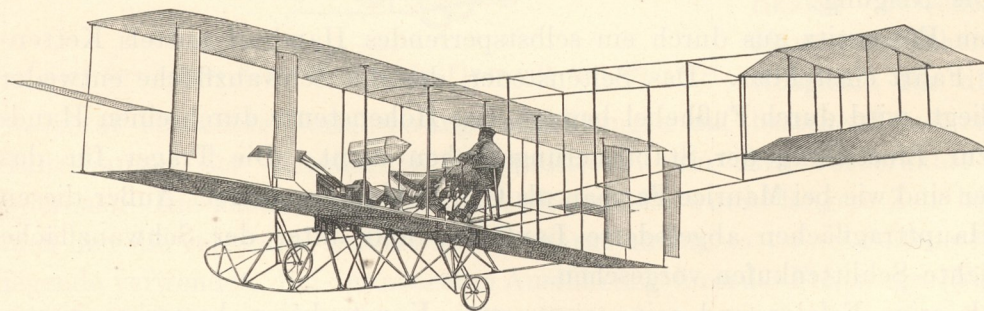


Fig. 1270. Zweidecker Savary.

Schraube liegt auch bei diesem Flugzeug vorn und wirkt ziehend.

Savary. Von französischen Zweideckern sei schließlich noch der Apparat von Savary (Fig. 1270) erwähnt. Er besitzt zwei vor den Tragflächen nebeneinander liegende Propeller, die wie bei Wright durch eine offene und eine gekreuzte Kette vom Motor aus angetrieben werden. Auch die Seitensteuerung ist eigenartig, da sie durch vier nebeneinander an den hinteren

Tragflächenstreben angeordnete schmale Flächen bewirkt wird. Zur Stabilisierung dienen wie bei Herring-Curtiß zwei an den vorderen Tragflächenstreben angeordnete, um ihre Vorderkante drehbare Hilfsflächen. Unterhalb der Tragflächen ist ein starkes, nach vorn weit vorspringendes Traggerüst von dreieckigem Querschnitt zur Versteifung des Motors vorgesehen; der untere Längsträger dieses Gerüsts dient gleichzeitig als Landungskufe.

c) **Deutschland.** Auch in Deutschland gibt es eine Reihe leistungsfähiger Flugzeugfabriken; sie sind jedoch zum großen Teil auf den Bau der bewährten französischen und amerikanischen Flugzeugtypen angewiesen; nur wenige unter den deutschen Originalkonstruktionen von Zweideckern sind über das Versuchsstadium hinausgekommen.

Euler. Einer der ersten, der in Deutschland Drachenflugzeuge baute, ist August Euler. Der von ihm konstruierte Doppeldecker (Fig. 1271) ist in Anlehnung an den Voisin-Typ

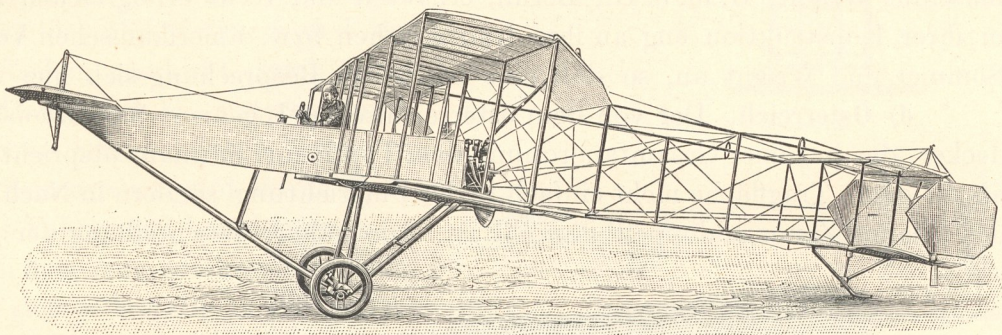


Fig. 1271. Euler-Zweidecker.

entstanden, weist ihm gegenüber jedoch viele Verbesserungen auf. Die vertikalen Längswände sind bei der neuesten Ausführungsform sowohl in der Hauptzelle wie in der Schwanzzelle fortgelassen. Zur Stabilisierung dienen Klappen zu beiden Seiten an der Hinterkante der oberen Haupttragfläche. Zwischen den Tragflächen der Schwanzzelle sitzen zwei nebeneinanderliegende Seitensteuer. Die Höhensteuerung ist dieselbe wie bei Voisin und Farman. Dagegen ist das Fahrgestell gegenüber Voisin erheblich vereinfacht. Außer Laufrädern, an deren Achsen das Flugzeug in Kautschukbändern hängt, sind noch zwischen den Rädern liegende abgefederte Bremskufen vorgesehen.

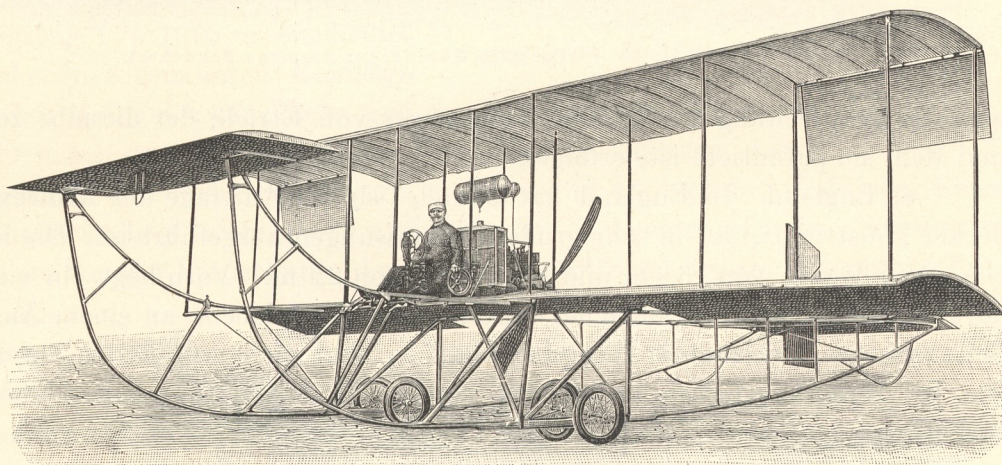


Fig. 1272. Doppeldecker von Dr. Huth.

Huth. Der Doppeldecker von Dr. Huth (Fig. 1272)

stimmt mit dem Sommerschen Flugzeug hinsichtlich der Anordnung der Tragflächen, Stabilisierungsflächen, Höhen- und Seitensteuer im wesentlichen überein. Dagegen unterscheidet er sich erheblich im Unterbau. Die sehr stark ausgeführten Gleitkufen laufen nämlich ununterbrochen vom vorderen Höhensteuer bis zur hinteren Dämpfungsfläche durch. Letztere kann auf dem Unterbau montiert werden und bedarf keiner weiteren Verbindung mit den vorderen Tragflächen, wodurch natürlich an Gewicht gespart wird. Auch vermag das Flugzeug auf sehr unebenem Terrain gefahrlos zu landen.

Siemens-Schuckert. Der Doppeldecker der Siemens-Schuckert-Werke (Fig. 1273) ist eins der größten bisher konstruierten Flugzeuge. Die beiden in einem Abstand von 2,4 m übereinander angeordneten, in der Längsrichtung sehr elastischen Tragflächen haben eine Spannweite von 16,5 m und eine Tiefe von 2,1 m. Vorn liegt ein zweiflächiges Höhensteuer, hinten eine einfache horizontale Schwanzfläche und das Seitensteuer. Ein 50 PS Argus-Motor treibt mittels

Kettenübertragung zwei hinter den Tragflächen liegende Propeller. Um ein Kreuzen der einen Kette zu vermeiden und trotzdem Gegenläufigkeit der Propeller zu erzielen, ist in die eine Übertragung ein Zahnrad-Umkehrgetriebe eingeschaltet. Das Flugzeug läuft auf drei abgefederten Rädern, vor denen gewölbte Bremskufen liegen, die bei stärkeren Stößen zur Wirkung kommen.

Sonstige deutsche Zweidecker. Gute Erfolge verzeichnen die Flugzeuge der Sächsischen Flugzeugwerke. Im Versuchsstadium befinden sich noch die Flugzeuge des Münchener Otto, des Majors von Parseval und des Jachtkonstruktors Oertz in Hamburg. — Die von den deutschen Flugzeugfabriken Aviatik, G. m. b. H., Muhlhausen, Albatros-Werke, Johannisthal, und Flugmaschine Wright, G. m. b. H., Berlin, erbauten und recht erfolgreichen Zweidecker lehnen sich in ihrer Konstruktion eng an ihre französischen bzw. amerikanischen Vorbilder Henri Farman, Sommer und Wright an, so daß eine besondere Besprechung sich hier erübrigt.

d) **Österreich.** Der von dem österreichischen Ingenieur Warschalowski konstruierte Doppeldecker, der in seiner Gesamtanordnung dem Typ Henri Farman entspricht, ist insofern eigenartig, als die obere Tragfläche nicht einfach in der Flugrichtung, sondern in Nachbildung des Flugsamens der Pflanze *Zanonia* doppelt gewölbt ist. Die nähere Beschreibung der Eigenart dieser Fläche

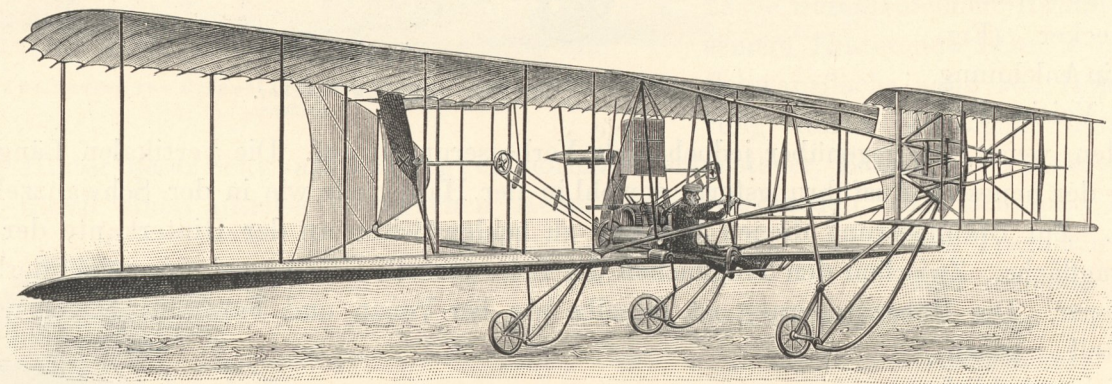


Fig. 1273. Zweidecker Siemens-Schuckert.

mag bei Besprechung des Eindeckerflugzeuges von Etrich, der dieselbe zum erstenmal anwandte und dem sie patentiert ist, erfolgen.

e) **England.** In England hat Oberst Cody im Auftrage der Armeeverwaltung einen Zweidecker konstruiert, der in sehr großen Abmessungen ausgeführt ist. Die Haupttragflächen haben eine Spannweite von 15,8 m und eine Tiefe von 2,3 m. Vorn liegt ein einflächiges Höhensteuer, darüber eine vertikale Kielfläche, hinten in der Mittelebene an einem Auslegerarm ein einfaches Seitensteuer. Horizontale Dämpfungsflächen sind nicht vorhanden, so daß die Längsstabilität wie bei Wright lediglich durch das vordere Höhensteuer erhalten werden muß. Zur Querstabilisierung dienen ähnlich wie bei Curtiß horizontale, seitlich zwischen den Tragflächen angeordnete Hilfsflächen, die um ihre mittlere horizontale Querachse schwingen. Der Antrieb erfolgt durch zwei nebeneinanderliegende, durch Kettenübertragung angetriebene gegenläufige Propeller, die jedoch nicht vor oder hinter den Tragflächen, sondern zwischen diesen arbeiten. Die Tragflächen haben daher einen erheblich größeren Höhenabstand, als sonst üblich ist.

2. Eindecker.

a) **Frankreich.** Blériot. Bedeutend später als die Doppeldecker sind die Eindecker zu Erfolgen gekommen. Einer der ersten, die sich diesem Typ zuwandten, war Louis Blériot. Der von ihm konstruierte Eindecker gehört heute zu den erfolgreichsten und leistungsfähigsten Flugzeugen. Begründet wurde sein Ruf durch den ersten Flug über den Kanal, den Blériot am 25. Juli 1909 von Calais nach Dover ausführte. Der hierbei benutzte Apparat trug die Bezeichnung „Blériot XI“. Das Flugzeug (Fig. 1274—1276), dessen Gesamtlänge 8,6 m beträgt, hat einen durchlaufenden, nur in seinem Vorderteil bespannten Rumpf 1, der als Fachwerkträger von rechteckigem, nach hinten zu sich verjüngendem Querschnitt aus Eschenholzstäben hergestellt ist.

Der Rumpf trägt vorn zwei gewölbte Tragflügel 2 von 7,80 m Gesamtspannweite, deren Wölbungssehne gegen die Horizontale um ca. 7° geneigt ist. Unter dem Hinterende des Rumpfes liegt eine gewölbte horizontale, feste Schwanzfläche 3, zu deren beiden Seiten zwei kleinere, durch eine gemeinsame Welle starr miteinander verbundene Höhensteuerflächen 4 liegen. Ein gewöhnliches, einflächiges Hecksteuer 5 dient zur Seitensteuerung. Zur Erhaltung der Querstabilität werden die Tragflächen verwunden. Die am Kopf des Flugzeuges angeordnete, also ziehend wirkende Holzschraube 9 von 2,08 m Durchmesser wird von dem dahinterliegenden 25 PS Anzani-Motor 8 direkt angetrieben. Hinter dem Motor liegt der Führersitz 10. Das Einstellen des Höhensteuers und die Verwindung der Tragflächen geschieht durch einen allseitig beweglichen Handhebel 11, ersteres durch Neigen in der Längsebene, letzteres durch Neigen in der Querebene. Das Seitensteuer wird durch Fußhebel 12 verstellt. Das Fahrgestell besteht aus zwei unter den Hauptflächen nebeneinanderliegenden, sehr gut abgefederten und sich selbsttätig in die Fahrtrichtung einstellenden vorderen Laufrädern 6, und einem kleineren Laufrad 7 unter dem Hinterteil des Rumpfes. 13 ist der Rahmen zur Verspannung der Tragflächen, 14 sind die Spanndrähte. Das Gesamtgewicht des Flugzeuges einschließlich Führer und Betriebsmaterial für zwei Stunden beträgt 300 kg. Da die Gesamttragfläche 14 qm groß ist, ergibt sich eine spezifische Flächenbelastung von ca. 22 kg/qm.

Das Blériot-Flugzeug Typ 1910 unterscheidet sich von dem besprochenen sogenannten *Kanaltyp* durch die andere Anordnung der Schwanzfläche und des Höhensteuers. Letzteres besteht aus zwei direkt neben dem Hinterende des Rumpfes angeordneten, gegen die frühere Ausführungsform erheblich verbreiterten und um ihre Vorderkante drehbaren Einzelklappen. Die Schwanzfläche liegt nicht mehr zwischen den Höhensteuerflächen, sondern vor diesen, und zwar läuft sie von der Vorderkante der Höhensteuerflächen, wo sie ihre größte Breite besitzt, nach vorn zu allmählich schmaler werdend, am Rumpf entlang bis zur Hinterkante der Tragflächen. Die neueren Blériot-Flugzeuge sind fast alle mit einem Gnome-Rotationsmotor versehen, der bei den schnelleren Typen 100 PS leistet.

Antoinette. Zu den erfolgreichsten französischen Eindeckern gehört neben dem Blériot-Flugzeug der Typ *Antoinette* (Fig. 1277). Das Flugzeug, das durch seine schlanke, elegante Form auffällt, besitzt einen langgestreckten, vorn zugespitzten, nach hinten zu allmählich sich verjüngenden Rumpf von dreieckigem Querschnitt. Dieser trägt an der Spitze den von dem dahinterliegenden Motor direkt angetriebenen Schraubenpropeller. Hinter dem Motor setzen in Höhe der Oberkante des Rumpfes die Flügel der Tragfläche 1 an. Diese Flügel haben trapezförmigen Grundriß und sind in Form eines stumpfwinkligen V zueinander angeordnet, wobei jeder Flügel um ca. 5° gegen die Horizontale geneigt ist. Die Konstruktion des Flügelgerippes ist sehr sorgfältig

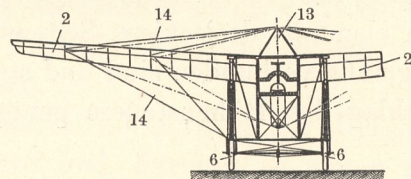


Fig. 1274. Vorderansicht.

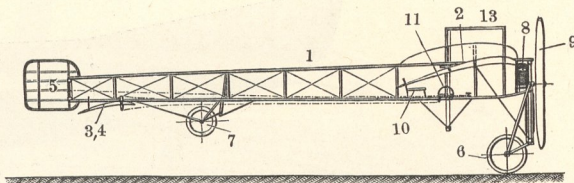


Fig. 1275. Seitenansicht.

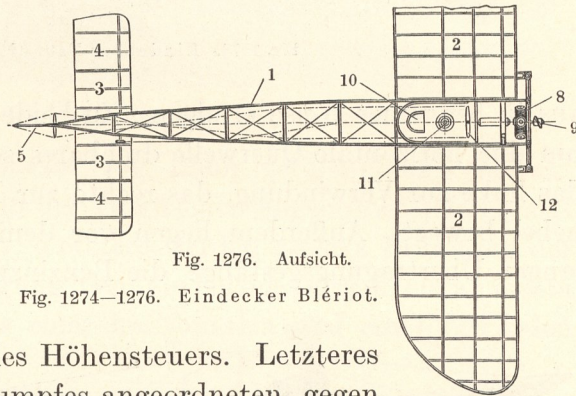


Fig. 1276. Aufsicht.

Fig. 1274-1276. Eindecker Blériot.

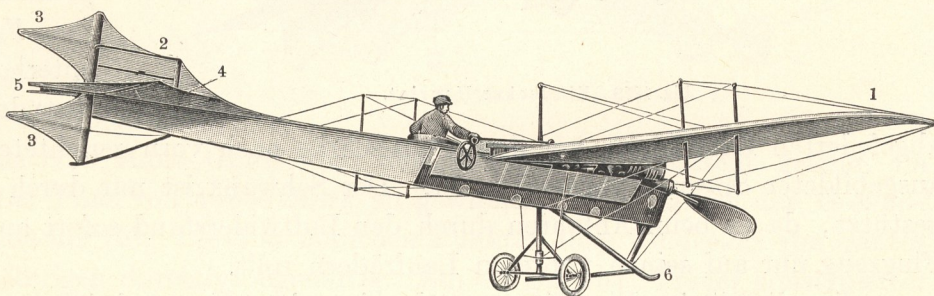


Fig. 1277. Eindecker Antoinette.

durchgearbeitet; sowohl die Längsrippen wie die Querrippen sind als parabolisch gewölbte, fachwerkartig gebaute Eschenholzträger hergestellt. Zwischen den Hauptrippen liegen noch dünne Hilfsrippen, um die richtige Wölbung der Bespannung zu sichern. Die Flügel werden nach unten mit dem Fahrgestell und nach oben mit einem aus dem Rumpf hervorragenden Mast fest verspannt. Hinter den Tragflächen liegt im Rumpf ein bequemer Sitz für den Führer. Eigenartig ist die Ausbildung der Steuerungsorgane. Am Hinterende des Flugzeuges, in Höhe der Oberkante des Rumpfes, liegt ein Höhensteuer 5 von dreieckiger Grundrißform, oberhalb und unterhalb desselben je ein ebenfalls dreieckiges Seitensteuer 3. Die Dreiecksform dieser Seitensteuer, die miteinander zwangläufig verbunden sind und stets in gleichem Sinne verstellt werden, hat den Zweck, für den Ausschlag des Höhensteuers genügend Platz zu schaffen. Vor dem oberen Seitensteuer liegt

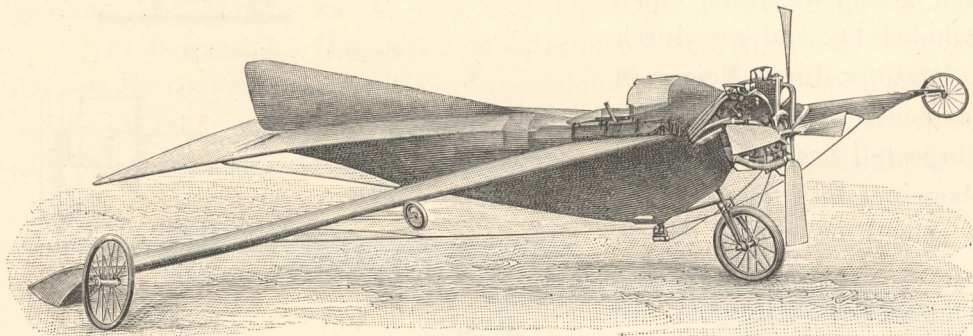


Fig. 1278. Eindecker Esnault Pelterie.

aus in bequemer Weise erfolgen. Zu beiden Seiten des Sitzes, außerhalb des Rumpfes, ist je ein um eine horizontale Querwelle drehbares selbstsperrendes Steuerrad vorgesehen, und zwar dient das linke zur Verwindung, das rechte zur Höhensteuerung; die Seitensteuer werden durch Fußhebel bewegt. Außerdem liegen vor dem Führersitz noch zwei kleine Handräder, die mittels langer Übertragungsgestänge die Benzinzufuhr und Zündung des Motors regeln. Hinter dem

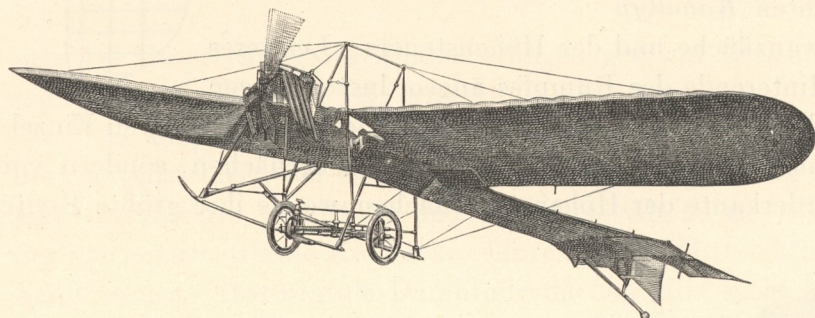


Fig. 1279. Eindecker Hanriot.

Sitz ist der Rumpf auf seiner ganzen Länge mit Stoff bespannt, vor dem Sitz dagegen werden die Seitenwände des Rumpfes durch den Kühler gebildet, der aus einer Reihe von dicht übereinanderliegenden horizontalen Rohren hergestellt ist. Das Fahrgestell besteht aus zwei unterhalb der Tragflächen nebeneinander angeordneten, pneumatisch abgefederten Laufrädern, vor denen ein schräg nach vorn gerichteter, an der Spitze kufenartig ausgebildeter Sporn 6 vorgesehen ist. Der Schwanz ist nur durch ein kurzes Kufenstückchen gestützt, da er beim Anfahren durch den Luftwiderstand sofort angehoben wird, so daß das Flugzeug nur auf seinen vorderen Laufrädern rollt.

Esnault Pelterie. Ein Flugzeug, das in seiner Konstruktion von dem Normaltyp erheblich abweicht, ist der Eindecker von Robert Esnault Pelterie, nach den Anfangsbuchstaben des Namens seines Konstrukteurs *R. E. P.* genannt (Fig. 1278). Bei diesem sind die Tragflächen nicht, wie sonst üblich, starr mit dem Rumpfe verbunden, sondern mittels einer Hebelkonstruktion gelenkig am Gerüst befestigt, und zwar werden die Tragflächen gleichzeitig mit der Verwindung auch in bezug auf die Mittelebene seitlich verschoben. Die Verwindung erfolgt dadurch, daß die vorderen und hinteren Querstreben in entgegengesetztem Sinne um die Längsachse geneigt werden. Durch diese Anordnung will der Konstrukteur eine erhöhte Sicherheit der Seitenstabilität erzielen. Propeller und Motor, letzterer eigener Konstruktion, liegen in üblicher Weise am Vorderende des ganz aus Stahlrohr hergestellten Rumpfes. Am Hinterende des Rumpfes sitzt eine als Höhensteuer

eine Kielfläche 2, vor dem Höhensteuer eine horizontale Dämpfungsfäche 4. Zur Erhaltung der Querstabilität werden die Haupttragflächen verwunden. Die Bewegung sämtlicher Steuerorgane sowie die Bedienung des Motors kann vom Steuersitz

aus in bequemer Weise erfolgen. Zu beiden Seiten des Sitzes, außerhalb des Rumpfes, ist je ein um eine horizontale Querwelle drehbares selbstsperrendes Steuerrad vorgesehen, und zwar dient das linke zur Verwindung, das rechte zur Höhensteuerung; die Seitensteuer werden durch Fußhebel bewegt. Außerdem liegen vor dem Führersitz noch zwei kleine Handräder, die mittels langer Übertragungsgestänge die Benzinzufuhr und Zündung des Motors regeln. Hinter dem

dienende Schwanzfläche, darunter (bei manchen Ausführungsformen auch darüber) das Seitensteuer. Das Fahrgestell besteht nur aus zwei tandemartig hintereinander angeordneten Lauf­rädern, von denen das vordere, das mit einem hydropneumatischen Stoßdämpfer versehen ist, unter der Vorderkante der Tragflächen liegt, während das zweite, kleinere mit dem Seitensteuer auf einer Achse sitzt, so daß das Flugzeug beim Fahren auf dem Lande auch gesteuert werden kann. In der Ruhelage stützt sich der Apparat, da er auf den beiden mittleren Laufrädern natürlich nicht im Gleichgewicht ist, noch auf einen der Flügel, die deshalb an ihren Enden ebenfalls mit kleinen Laufrädern versehen sind. Beim Anfahren fährt das Flugzeug jedoch bereits bei geringer Geschwindigkeit frei auf seinen beiden Mittelrädern.

Hanriot. Beim Hanriot-Eindecker (Fig. 1279) sind bewährte Einzelorgane der drei erfolgreichsten französischen Flugzeugtypen von Blériot, Antoinette und Farman zu einem guten Ganzen vereinigt. Die Flügelkonstruktion ist im wesentlichen von Blériot, der Steuerschwanz mit Dämpfungsflächen von Antoinette, und das Fahrgestell von Henri Farman entlehnt, wobei natürlich konstruktive Abänderungen vorgenommen sind. Diese Vereinigung hat ein Flugzeug ergeben, das hervorragende Erfolge errungen hat.

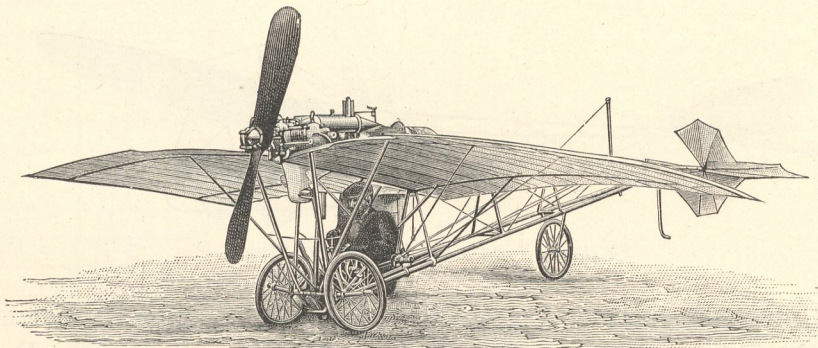


Fig. 1280. Eindecker Demoiselle Santos Dumonts.

Santos Dumont. Das neueste Flugzeug Santos Dumonts, der kleine Eindecker *Demoiselle* (Fig. 1280), verdient aus konstruktiven Gründen Erwähnung. Der Führersitz ist unterhalb der Tragflächen angeordnet; Motor und Propeller liegen sehr hoch, noch über den Tragflächen. Letztere werden zwecks Erhaltung der Querstabilität verwunden. Zur Höhen- und Seitensteuerung dient ein einziges Organ, ein an einem Kardangelen sitzendes Universalsteuer, bestehend aus einer horizontalen und einer vertikalen Fläche, die kreuzförmig angeordnet sind und gleichzeitig als Dämpfungsflächen dienen. Der Kühler liegt hart am Rumpf dicht unterhalb der Tragflächen. Das Flugzeug ist sehr leicht, aber auch nur für eine Person bestimmt und wenig tragfähig.

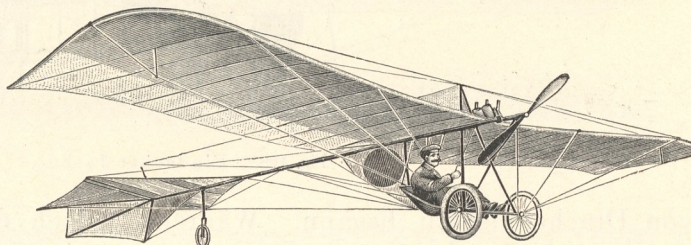


Fig. 1281. Grade-Eindecker.

b) Deutschland. Grade. Das erste in Konstruktion und Material rein deutsche Flugzeug, das bemerkenswerte Erfolge errungen hat, ist der Eindecker von Hans Grade, mit dem es dem Konstrukteur gelang, im Oktober 1909 den großen Lanz-Preis von 40000 Mark zu gewinnen. Hinsichtlich der Gesamtanordnung ist der Grade-Eindecker (Fig. 1281) in manchen Punkten dem Eindecker von Santos Dumont ähnlich, ist aber im übrigen durchaus eigenartig. Ein als gebauter Träger konstruierter durchlaufender Rumpf, wie sonst bei den Eindeckern üblich, ist nicht vorhanden, sondern nur eine starke durchlaufende Bambusstange, die vorn die Haupttragflächen und hinten die Dämpfungs- und Steuerflächen trägt. Die Haupttragflächen sind in ihrem Gerippe ebenfalls aus Bambus hergestellt und in den vorderen drei Vierteln der Tiefe beiderseitig, im hinteren Viertel dagegen nur oben gespannt. Hierdurch sind die Hinterkanten sehr elastisch, was eine leichte Verwindung zur Erhaltung der Seitenstabilität ermöglicht. Am Hinterende des durchlaufenden Längsträgers liegen zwei senkrecht zueinander stehende Dämpfungsflächen, eine horizontale und eine vertikale, die, da sie elastisch sind und durch Seilzüge aus ihrer Richtung gebogen werden können, gleichzeitig als Höhen- und Seitensteuer dienen, wobei die Horizontalfläche, um genügende Bewegungsfreiheit für die Seitensteuerung zu gewähren, am Hinterende dreieckig ausgeschnitten ist. Der Motor, ein

von Grade selbst konstruierter luftgekühlter vierzylinderiger Zweitaktmotor von 24 PS, liegt wie bei Santos Dumont über den Tragflächen, davor ein direkt angetriebener Stahlpropeller. Der Führersitz ist unterhalb der Haupttragflächen angeordnet und elastisch aufgehängt, während das Fahrgestell, bestehend aus zwei vorderen und einem hinteren Laufrad, keine Abfederung besitzt. Hinter dem Führersitz und über der Haupttragfläche liegt noch je eine Kielfläche. Ein allseitig beweglicher Handhebel bewirkt durch Schwingen in der Längsebene die Höhensteuerung, in der Querebene die Verwindung der Tragflächen und durch Drehen um seine eigene Achse die Seitensteuerung. Auch können vom Führersitz aus durch Fußhebel die Laufräder gebremst werden. Die Haupttragflächen des Grade-Flugzeuges haben eine Spannweite von 10,2 m und eine Tiefe von 2,5 m. Die Gesamttragfläche, einschließlich Schwanzfläche, beträgt 29 qm, das Gesamtgewicht einschließlich Führer und 35 kg Betriebsmaterial 235 kg, die Flächenbelastung pro Quadratmeter mithin nur 8,1 kg, was für einen Eindecker sehr niedrig ist.

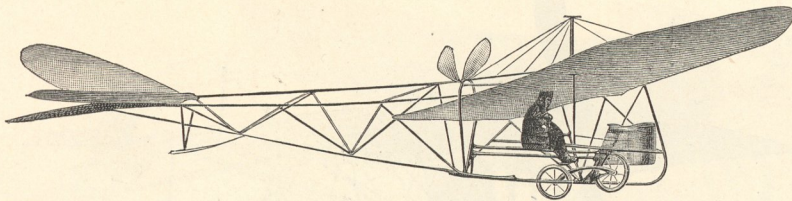


Fig. 1282. Eindecker Dörner im Fluge.

Kettenübersetzung angetrieben wird. Der Führersitz befindet sich wie bei Santos Dumont und Grade unterhalb der Tragflächen. Der Rumpf ist ein Fachwerkträger von dreieckigem Querschnitt, wobei die untere Längsstrebe vorn zur Schlittenkufe ausgebildet ist. Zu beiden Seiten dieser Kufe liegen zwei an einer stark federnden Achse angebrachte Laufräder. Der nach hinten spitz zulaufende Rumpf ist nur durch eine kleine Kufe abgestützt und trägt an seinem Hinterende in üblicher Weise die Steuer- und Dämpfungflächen. Die Seitenstabilität wird durch

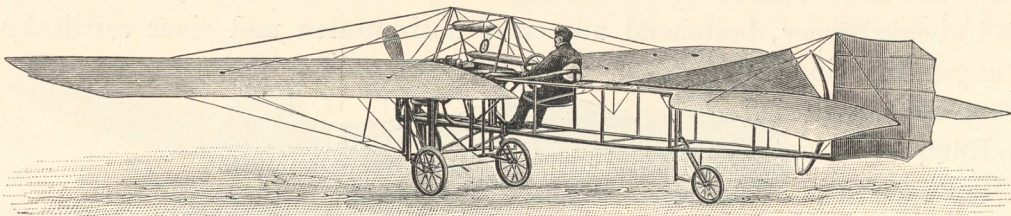


Fig. 1283. Eindecker Jatho.

von Drachenfliegern begann. Während jedoch die ersten Apparate, ein Dreidecker und ein Zweidecker, keine besonderen Erfolge erzielen konnten, hat der neue Eindecker (Fig. 1283) bereits gute Flugleistungen gezeigt. Der als Fachwerkträger von rechteckigem Querschnitt hergestellte Rumpf trägt vorn die Haupttragflächen, am Hinterende eine elastische horizontale Dämpfungfläche, die durch Verbiegen der Enden gleichzeitig als Höhensteuer wirkt, ferner in einem Ausschnitt der letzteren das Seitensteuer mit davorliegender dreieckiger Kielfläche. Die Seitenstabilität wird durch Verwinden der Tragflächen gesichert. Der Motor, ein 36 PS wassergekühlter Körting-Flugmotor, liegt in üblicher Weise vorn im Rumpf vor dem Führersitz und treibt direkt den am Kopf des Rumpfes angeordneten Propeller. Das Fahrgestell besteht aus drei Laufrädern, zwei vorderen und einem hinteren, die abgedert sind und um ihre Vertikalachsen schwingen können.

Schultze-Herfort. Ein weiterer erfolgreicher deutscher Eindecker ist der von Schultze-Herfort. In der Konstruktion der Tragflächen und des Rumpfes erinnert das Flugzeug stark an Blériot, im Fahrgestell an Henri Farman. Am Ende des Rumpfes liegt das dreieckige Seitensteuer und über letzterem eine dreieckige langgestreckte Kielfläche. Mit diesem Flugzeug wurde 1910 der zweite Lanz-Preis errungen.

Harlan. Der für zwei Personen konstruierte Eindecker (Fig. 1284 und 1285) hat eine

Verwinden der Tragflächen gesichert.

Jatho. Zum Eindecker ist neuerdings auch Karl Jatho übergegangen, der bereits 1899 selbstständig mit dem Bau

Der Eindecker von Dörner (Fig. 1282) ist dadurch bemerkenswert, daß die Schraube nicht vor der Tragfläche, sondern hinter ihr liegt und von dem ziemlich tief unter der Tragfläche angeordneten Motor durch

Spannweite von 13,5 m und eine Gesamtlänge von 11 m. Die Tiefe der Flügel beträgt 2,5 m, ihre Fläche 34 qm. Der Rumpf ist als fischförmiger Träger aus amerikanischem Spezialholz hergestellt und trägt an seinem Hinterende das Höhensteuer, davor eine feste horizontale Dämpfungsfläche; diese wird von dem ausgeschnittenen dreieckigen Seitensteuer gekreuzt, vor dessen Oberteil eine dreieckige Kielfläche liegt. Das Fahrgestell besteht aus zwei nebeneinander liegenden, längslaufenden und abgefederten Kufen, die elastisch an der Achse der außerhalb der Kufen liegenden Laufräder aufgehängt sind. Der Führersitz liegt im Rumpf hinter dem Passagiersitz. Die Stabilisierung geschieht durch Verwindung mittels Fußhebel, die Höhensteuerung durch einen Handhebel, der mit einem Handrad zur Seitensteuerung ausgerüstet ist. Ein Argusmotor von 50 PS treibt die in üblicher Weise vorn angeordnete Schraube.

Sonstige deutsche Eindecker. Im Versuchsstadium befindet sich in Deutschland noch eine große Zahl von Eindeckern. Erwähnt seien die Typen von *Goedecker, Haefelin, Harnuschke, Heidenreich, Heitmann, Otto, Schulze-Magdeburg, Schröder* und *Strack*. Von diesen haben einige bereits recht gute Flugleistungen vollbracht.

b) Österreich. Etrich.
Ein Flugzeug, das sowohl seiner eigenartig durchdachten Konstruktion wie seiner Flugleistungen und vor allem seiner hervorragenden Stabilität wegen ganz besonderer Erwähnung wert ist, ist der österreichische Eindecker von Etrich. Dieses Flugzeug ist hervorgegangen aus dem Gleitflieger, den der Ingenieur Wels unter Unterstützung von Etrich konstruiert hatte und mit dem bereits 1907 hervorragende Gleitflüge ausgeführt wurden. Durch Einbau eines Motors wurde der Gleitflieger in einen Drachenflieger umgewandelt, der dann von Etrich allein weiter vervollkommnet wurde. Das Eigenartigste an dem Etrich-Eindecker ist die Form der Tragfläche, die dem Flugsamen der *Zanonia*, eines javanischen Baumes, nachgebildet ist. Die Tragflächen sind in der Längsrichtung nicht nur einfach, sondern doppelt gewölbt, und zwar vorn konkav, hinten konvex. Von der Mitte nach den Enden zu nimmt die konkave Wölbung in ihrer Längenausdehnung ab, die konvexe zu. An den Enden, die im Grundriß nach hinten zurückgeholt sind

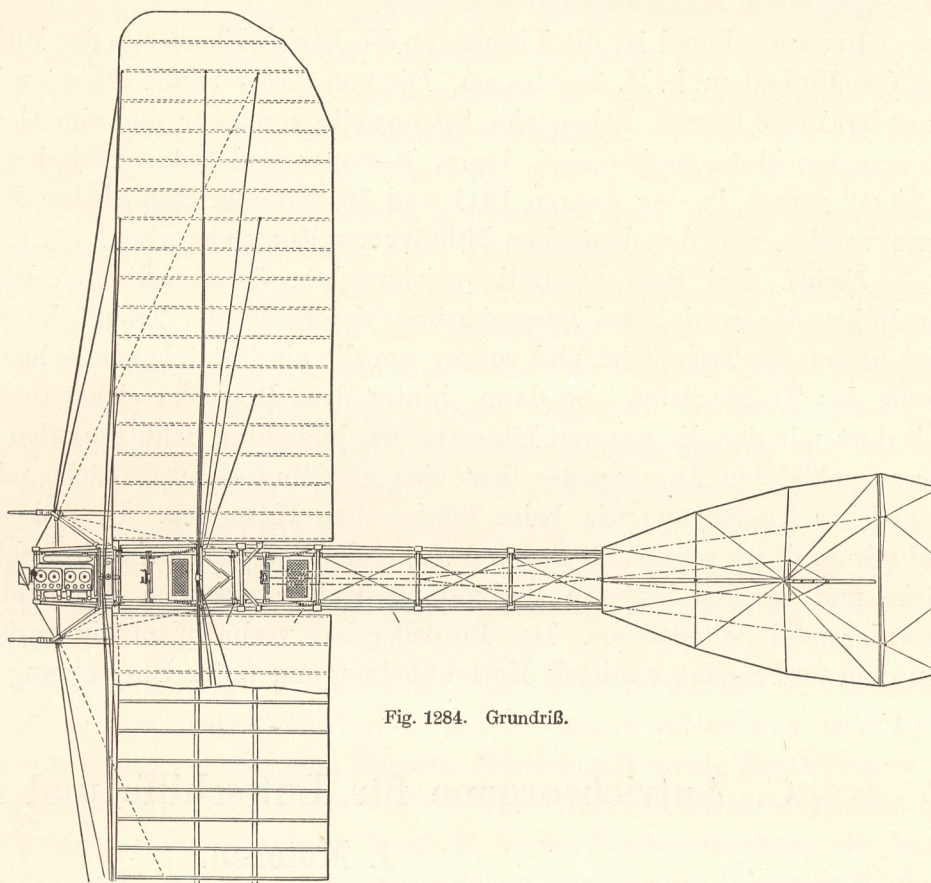


Fig. 1284. Grundriß.

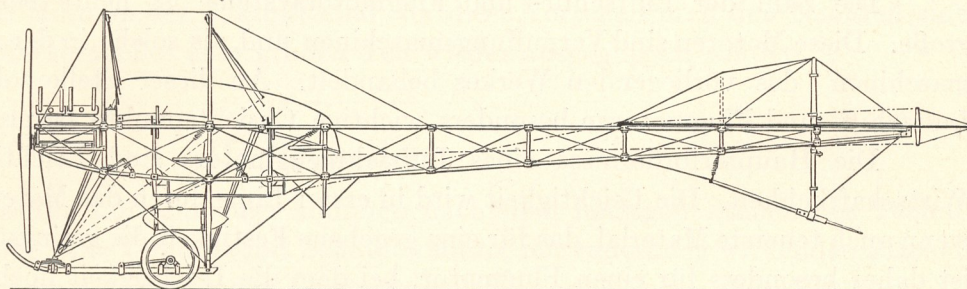


Fig. 1285. Längsschnitt.

Fig. 1284 und 1285. Harlan-Eindecker.

Der Etrich-Eindecker ist ein hervorragendes Beispiel für die Entwicklung der Flugtechnik in Österreich. Seine Konstruktion ist ein Meisterwerk der Leichtbauweise, das die besonderen Anforderungen an Stabilität und Manövrierfähigkeit erfüllt. Die Form der Tragfläche, die dem Flugsamen der *Zanonia* nachgebildet ist, ist ein entscheidendes Merkmal für die hervorragende Stabilität dieses Flugzeuges. Die doppelte Wölbung der Tragfläche, die vorn konkav und hinten konvex ist, ermöglicht es dem Flugzeug, auch bei hohen Geschwindigkeiten stabil zu fliegen. Die Konstruktion des Rumpfes ist ebenfalls ein Meisterwerk der Leichtbauweise, das die besonderen Anforderungen an Festigkeit und Gewicht erfüllt. Die Verwendung von amerikanischem Spezialholz hat zur Herstellung dieses Flugzeuges beigetragen. Die Entwicklung des Etrich-Eindeckers ist ein Beispiel für die Zusammenarbeit zwischen Ingenieur und Pilot, die zu den größten Erfolgen in der Flugtechnik geführt hat.

und gewissermaßen Hörner bilden, wodurch die Tragflächen einem Vogelflügel sehr ähnlich werden, ist die Wölbung nur konvex, d. h. die Enden sind nach oben aufgebogen. Außerdem sind diese Enden dadurch außerordentlich elastisch, daß die Längsrippen, die hier strahlenförmig verlaufen, aus zwei Teilen, einem vorderen stärkeren und einem hinteren schwächeren, hergestellt sind. Durch diese Tragflächenform besitzt das Flugzeug eine hervorragende automatische Stabilität, die erforderlichenfalls durch Verwinden der Tragflächen unterstützt werden kann.

Die sonstigen Einrichtungen des Etrich-Flugzeuges sind aus dem aufklappbaren Modell und dem zugehörigen Erklärungsblatt ersichtlich.

In Deutschland ist die Lizenz für die Etrich-Flugzeuge der Firma Rumpler-Luftfahrzeugbau-Gesellschaft m. b. H. übertragen. Die von dieser Firma erbauten Flugzeuge, die den Namen *Rumpler-Taube* führen, haben eine Spannweite von 14 m und eine Gesamtlänge von 10,3 m. Die bevorzugten Motormarken sind Argus, Rumpler und Österreichischer Daimler. Die „Rumpler-Tauben“ waren in den Jahren 1911 und 1912 die erfolgreichsten Flugzeuge. Mehrere Exemplare wurden von der deutschen Militärverwaltung erworben.

Pischof. Bei dem ebenfalls erfolgreichen österreichischen Eindecker von Pischof sind der Führersitz sowie zwei Passagiersitze unterhalb der Tragfläche angeordnet. Der Propeller liegt hinter der Tragfläche und rotiert um die als feststehende Achse ausgebildete obere Längsstrebe des Traggerüstes, die dann, hinter dem Propeller sich gabelnd, nach unten führt und sich dort mit den die unteren Längsstreben bildenden Schlittenkufen vereinigt. Am Hinterende des so gebildeten Traggerüstes liegt eine gewölbte Schwanzfläche mit seitlichen Höhensteuern, in gleicher Ausführung wie beim Blériotschen Kanaltyp. Über dieser unteren Schwanzfläche, und mit ihr durch senkrechte Streben verbunden, liegt noch eine dreieckige, horizontale Dämpfungsfläche und an den hinteren Verbindungsstreben zwischen den beiden Schwanzflächen nebeneinander zwei Seitensteuer. Der Propeller hat verhältnismäßig großen Durchmesser und wird von dem 50 PS-Motor mittels Kettenübertragung unter Übersetzung ins Langsame angetrieben.

C. Antriebsorgane für Luftschiffe und Flugzeuge.

I. Motoren.

Die Zahl der Luftschiff- und Flugmotorsysteme ist heute bereits eine außerordentlich große. Diese Motoren sind Verpuffungsmaschinen und als solche in der Abteilung „Verbrennungsmaschinen“ des vorliegenden Werkes behandelt. An dieser Stelle sollen daher nur einige für Luftschiff- und Flugmotoren besonders wichtige Gesichtspunkte besprochen werden.

Die Haupterfordernisse eines Luftfahrzeugmotors sind Leichtigkeit, Betriebssicherheit, Wirtschaftlichkeit. Die Leichtigkeit wird in erster Linie durch das Material beeinflusst. Das beste, wenn auch teuerste Material, das für eine gegebene Festigkeit die geringsten Materialstärken ergibt, ist daher besonders für einen Flugmotor, bei dem die Leichtigkeit noch eine größere Rolle spielt als beim Luftschiffmotor, gerade gut genug. Ein bevorzugter Baustoff ist deshalb Chromnickelstahl. Ein weiteres Mittel zur Verringerung des Gewichtes ist die Verkleinerung des Hubes unter Erhöhung der Tourenzahl. Bei gegebener Leistung fallen kurzhubige, schnellaufende Motoren leichter aus als langhubige, langsamlaufende. Zur Gewichtsverminderung dient ferner eine Vermehrung der auf einen Kurbelzapfen wirkenden Kolben. Man stellt deswegen zwei Zylinder in V-Form oder mehrere Zylinder in Sternform zueinander. Dann werden vielfach, unter Versetzung der Kurbelzapfen zwecks Erzielung eines guten Massenausgleiches, mehrere solcher V- oder Fächer-Elemente hintereinander gereiht. Da bei geeigneter Stellung der Zylinder zueinander die Zündungen in regelmäßigen Abständen und in rascher Zeitfolge eintreten, kann man auf ein Schwungrad verzichten. Auch ist trotz der größeren Zylinderzahl meist nur ein Vergaser erforderlich, sofern die Zuleitungen zu den Zylindern möglichst gleichlang gehalten werden. Manche Flugmotoren besitzen überhaupt keinen Vergaser; die Benzinzufuhr erfolgt dann direkt zu den Zylindern